سلسلة : تكنولوجيا وفسيولوجيا الخضر

أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر

تأليف
أ. د. أحمد عبدالمنعم حسن
أستاذ الخضر
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

٢٠١٥
الطبعة الأولى

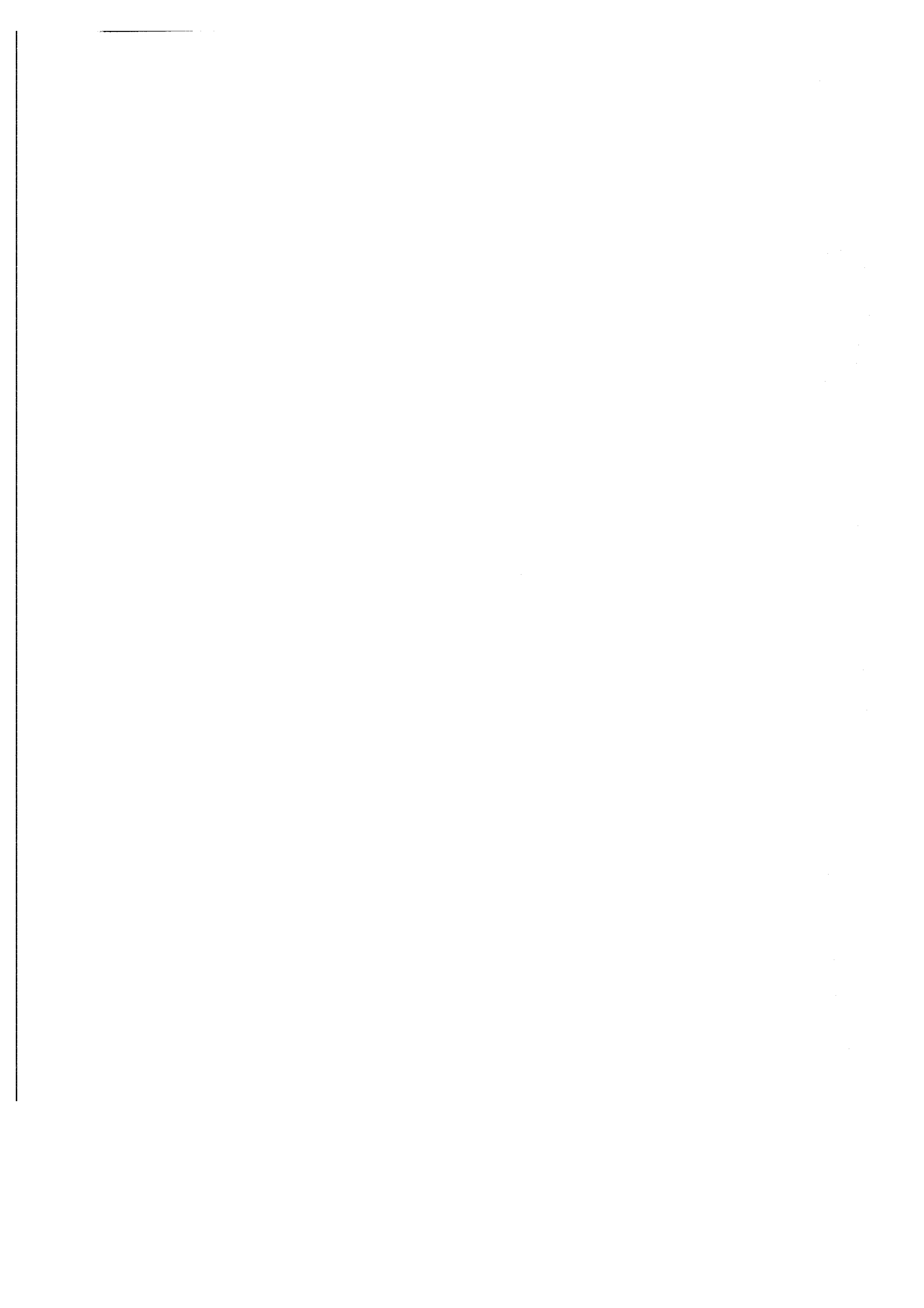
حقوق النشر

أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر

رقم الإيداع: ٢٠١٤/١٧٩٥٨

I.S.B.N. 978- 977- 403- 774-0

أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر



المقدمة

تتضمن سلسلة "تكنولوجيا وفسيولوجيا الخضر" التى ينتمى إليها هذا الكتاب تسعة كتب أخرى، ظهر منها ستة قبل صدور هذا الكتاب، وهى:

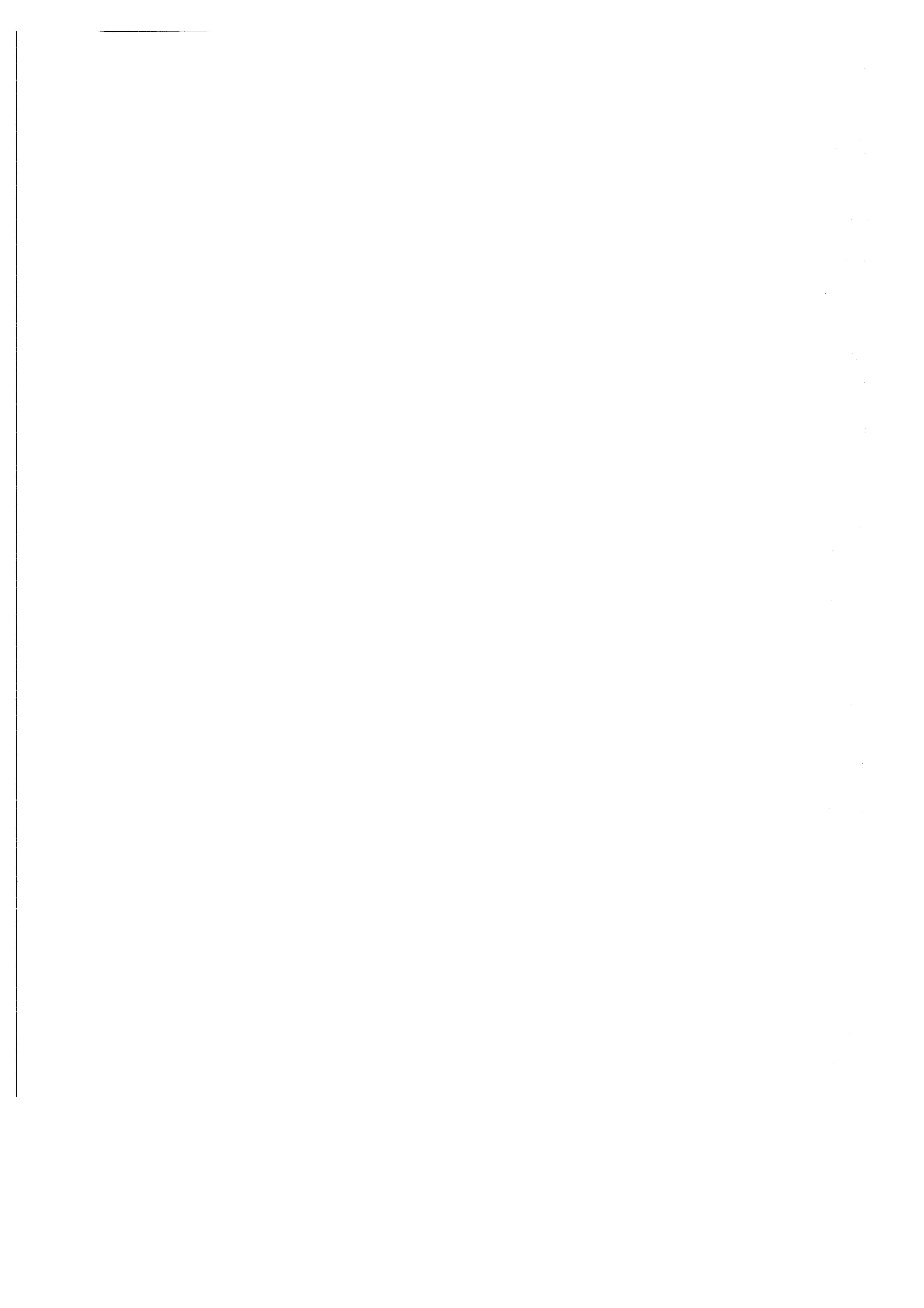
- المارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر (حسن ٢٠١٠أ).
- تداول الحاصلات البستانية: تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد الحصاد (حسن ٢٠١٠ب).
- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية (حسن ٢٠١١أ).
- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية (حسن ٢٠١١ب).
- أصول الزراعة العضوية — ما لها وما عليها (حسن ٢٠١١جـ).
- أصول الزراعة المحمية (حسن ٢٠١٢).

ويلى هذا الكتاب فى السلسلة ثلاث كتب أخرى تظهر تباعًا إن شاء الله فى عام ٢٠١٥ وهى:

- الأهمية الغذائية والصحية للخضر (حسن ٢٠١٦أ).
- تسميد محاصيل الخضر (حسن ٢٠١٦ب).
- الحلول التكنولوجية لتحديات ومعوقات إنتاج الخضر (حسن ٢٠١٦ جـ).

وقد أُعِدَّ هذا الكتاب ليكون مرجعًا لكل من منتج الخضر والمرشد الزراعى وطالب العلم فى كل من مرحلتى البكالوريوس والدراسات العليا فى كل ما يتعلق بالجوانب التكنولوجية والفسيولوجية– العلمية والعملية — لأساسيات إنتاج محاصيل الخضر. والله أسأل أن يكون الكتاب إضافة جديدة ومفيدة للمكتبة العربية.

أ. د. أحمد عبد المنعم حسن



محتويات الكتاب

الفصل الثالث

دورة الخضر

الفصل الرابع

العوامل الجوية وملوثات الهواء وتأثيرها على محاصيل الخضر

الموضوع | الصفحة

الفصل الخامس

العوامل الأرضية وتأثيرها على نباتات الخضر وطرق التعامل مع مشاكلها

الموضوع | الصفحة

الفصل السادس

تقاوى الخضر وإعدادها للزراعة

الفصل السابع

أوعية نمو النباتات وبيئات الزراعة وأنوعها

الموضوع	الصفحة

الفصل الثامن

إنتاج شتلات الخضر

الفصل الحادى عشر

تعقيم (أو بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

الفصل الثانى عشر

زراعة الخضر فى الحقل الدائم

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الفصل الثالث عشر

وسائل حماية الزراعات الحقلية من الظروف الجوية غير المناسبة

الفصل الرابع عشر

مكافحة الحشائش

الفصل الخامس عشر

أغطية التربة

الفصل السادس عشر

الرى

الفصل السابع عشر

التسميد

الفصل الثامن عشـر

النمو والتطور

الفصل التاسع عشر

الهرمونات النباتية ومنظمات ومنشطات النمو

الفصل الحادى و العشرون

الحصاد والتداول والتخزين

الموضوع | الصفحة

الفصل الأول

تعريف بالخضر وأهميتها

تعريف علم الخضر

علم الخضر هو أحد فروع علم البساتين Horticulture الذى يتضمن الفروع التالية:

١- علم الخضر Olericulture أو Truck Crops.

٢- علم الفاكهة Pomology أو Fruit Crops.

٣- علم الأزهار ونباتات الزينة Floriculture & Ornamental Horticulture.

٤- علم تنسيق الحدائق Landscape Gardening.

٥- علم النباتات الطبية والعطرية والمشروبات والتوابل.

٦- ويضاف أحيانًا علم الغابات Forestry كأحد فروع علم البساتين.

وتُعرَّف الخضروات بأنها: "نباتات عشبية بعضها حولى، وبعضها ذو حولين أو معمر، ولكن تزرع سنويًا، وقليل منها ما يعد معمرًا كالأسبرجس والروبارب. وجميع الخضروات تحتاج إلى عناية خاصة أثناء زراعتها وإنتاجها وتداولها وخزنها".

وتتميز الخضروات عن محاصيل الحقل المستخدمة فى غذاء الإنسان فى كون الخضروات لا تحتاج إلى عمليات تصنيعية خاصة لإعدادها للاستهلاك كما هى الحال فى محاصيل الحقل. كما تتميز الخضروات عن الفاكهة فى كون الفاكهة نباتات معمرة، وتؤكل ثمارها، ولا ينطبق ذلك على أى من الخضروات، باستثناء الفراولة التى تزرع كمحصول معمر لعدة سنوات فى بعض الدول، حيث يعد فيها من محاصيل الفاكهة، بينما تجدد زراعتها سنويًا فى دول أخرى منها مصر؛ حيث تعد فيها من محاصيل الخضر.

وتعتبر الفاصوليا الجافة والبسلة الجافة والبطاطس من محاصيل الخضر فى مصر، بينما تعتبر من محاصيل الحقل فى دول أخرى. ويعتبر العامة البطيخ والشمام والفراولة

من محاصيل الفاكهة، بينما هي من محاصيل الخضر، حسب التعريف السابق للخضروات.

وأنواع الخضر كثيرة، وقد ذكر منها Bailey (١٩٥٠) نحو ٢٤٧ نوعًا، لكن لا يزرع منها على نطاق واسع سوى نحو ٣٠-٤٠ نوعًا.

موطن محاصيل الخضر

تفيد دراسات مراكز نشأة الخضر وموطنها فى تعرف المناطق التى يمكن الرجوع إليها للحصول على مزيد من التباينات فى صفات المحصول والأنواع البرية القريبة منه، وكذلك الأنواع الأخرى المستأنسة القريبة منه المنزرعة فى تلك المناطق.

ونعرض — فيما يلى — لأهم مراكز النشوء والارتقاء لمحاصيل الخضر التى توصل إليها عالم النبات الروسى فافيلوف Vavilov:

١- مركز الصين، ويشمل جبال وسط وغرب الصين والسهول المجاورة لها:

فول الصويا — اليام الصينى *Discorea batatas* — الفجل — الكرنب الصينى — البصل — الخيار.

٢- مركز الهند وماليزيا:

أ- أسام وبورما:

فاصوليا المنج *Phasiolus aureus* — اللوبيا — الباذنجان — القلقاس — الخيار — اليام *Discorea alata*.

ب- الهندباء ومالايو (الهند الصينية والأرخبيل الملاوى).

موز الخضر *Musa paradisiaca* (ثماره نشوية وتستعمل كخضر)، وثمرة الخبز *Artocarpus communis* (وتعرف بالإنجليزية باسم bread fruit).

٣- مركز آسيا الوسطى (شمال غرب الهند (البنجاب وكشمير) وأفغانستان):

البسلة — الفول — فاصوليا المنج — المسترد *Brassica juncea* — البصل — الثوم — السبانخ — الجزر.

٤- مركز الشرق الأدنى وآسيا الصغرى (القوقاز وإيران وتركمنستان):

العدس – الترمس.

٥- مركز البحر الأبيض المتوسط (يتضمن المناطق المتاخمة للبحر الأبيض المتوسط):

البسلة – بنجر المائدة – الكرنب – اللفت – الخس – الكرفس – الشيكوريا – الأسبرجس – الجزر الأبيض *Pastinaca sativa* – الروبارب *Rheum officinale*.

٦- مركز إثيوبيا (الحبشة والصومال):

اللوبيا – كرسون الحديقة *Lepidium sativum* – البامية.

٧- مركز جنوب المكسيك وأمريكا الوسطى (المناطق الجنوبية من المكسيك، وجواتيمالا وهندوراس وكوستاريكا):

الذرة – الفاصوليا العادية – فاصوليا الليما *Phaseolus lunatus* – الجورد *Cucurbita ficifolia* – قرع الشتاء *Cucurbita moschata* – الشايوت *Sechium edule* – البطاطا الحلوة – الفلفل.

٨- مركز شمال أمريكا الجنوبية (بيرو وإكوادور وبوليفيا):

البطاطس الـ Andiean (وهى: *Solanum andigenum*) – البطاطس *Solanum tuberosum* (٢٤ كروموسوم) – فاصوليا الليما (مركز ثانوى) – الفاصوليا العادية (مركز ثانوى) – البيبينو pepino (وهو: *Solanum muricatum*) – الطماطم – الحرنكش ground cherry (وهى: *Physalis peruviana*) – القرع العسلى *Cucurbita maxima* – الفلفل.

٩- مركز شيلو Chiloe (وهى جزيرة قريبة من شاطئ شيلى):

البطاطس (٤٨ كروموسوم).

١٠- مركز البرازيل وباراجوى:

الكاسافا *Manihot esculenta* (عن Welbaum ٢٠٠٨).

تاريخ زراعة الخضر

بدأ قدماء المصريين الزراعة منذ نحو ٧٠٠٠-٨٠٠٠ سنة، وصاحب ذلك نظام رى

يعتمد على هندسة المياه، واهتموا بزراعة عديد من النباتات البستانية من الخضر والفاكهة ونباتات الزينة والنباتات الطبية. وقد عرفوا عدة أنواع من الخضر وُجِدَتْ نقوشها على آثارهم، منها: الأسبرجس، والبصل، والبسلة، والبطيخ، والخس، والخيار، والفجل، والفول الرومى، والسلق، والكرفس، والكرنب، والقثاء، والخرشوف، والثوم، والكرات، والهندباء، والشيكوريا.

ويمكن لمزيد من الإطلاع فى هذا الموضوع الرجوع إلى Warid (١٩٩٥) الذى يعطى عرضًا تاريخيًّا شاملاً لزراعة الخضر لدى قدماء المصريين، متضمنًا أسماءها المصرية القديمة (الهيروغليفية)، ومواسم زراعتها، ومدى انتشارها آنذاك، وأهميتها الطبية التى كانت معروفة لديهم.

وقد أدخلت زراعة البامية والبقدونس فى عصر البطالسة، وبدأت زراعة القلقاس فى العصر الرومانى. وفى أثناء العصر الأيوبى (١١٧١م) زار مصر العالم عبداللطيف البغدادى، وكتب عن النباتات فى مصر فى مرجع "الإفادة والاعتبار"، وفيه ذكر معلومات قيمة عن القلقاس، وأنواع البطيخ، والقثاء، والقرع، وعبداللاوى — أى العجوز — الذى ينسب إلى عبدالله بن طاهر والى مصر عن المأمون. وفى العصر المملوكى (١٢٥٠م) أشار المؤرخ المقريزى إلى زراعة القلقاس مع القصب، وإلى زراعة الباذنجان، والخس، والفجل، والكرنب، واللفت. وفى نفس العصر ذكر أبو العباس القلقشندى فى كتابه "صبح الأعشى" أن من مزروعات مصر: البسلة، والبطيخ، والقثاء على اختلاف أنواعها، والملوخية، والقلقاس، واللفت، والباذنجان، والدباء (القرع)، والهليون (الأسبرجس)، والقنبيط، والثوم، والبصل، والكرات، والفجل. وقد أُدخلت زراعة الطماطم والبطاطا إلى مصر فى العصر العثمانى فى القرن السادس عشر. أما الخبازى، والجزر، واللوبيا، فقد زرعت خلال العصر العربى (٦٥٠-١٥١٧م) (عثمان ١٩٣٥، واستينو وآخرون ١٩٦٣، وجانيك ١٩٨٥). ولمزيد من التفاصيل فى الموضوع .. يراجع عثمان (١٩٣٥).

أما عن تاريخ الخضر فى العالم، فيمكن لمن يرغب فى المعرفة الرجوع إلى Hedrick

(١٩١٩) و Simmonds (١٩٧٦)، وذلك بخصوص تفاصيل نشأة، وموطن، وتاريخ زراعة محاصيل الخضر المختلفة.

القيمة الغذائية للخضروات

أهمية الخضروات لصحة الإنسان

للخضراوات أهمية كبيرة للإنسان من الوجهتين: الغذائية والطبية للأسباب الآتية:

١- تعتبر الخضروات مصدرًا جيدًا لعديد من العناصر الغذائية, ويبين جدول (١-١) أغنى الخضروات من حيث محتواها من العناصر الغذائية، إلا أن الخضروات لا تمد الفرد بنسبة عالية من احتياجاته اليومية من هذه العناصر، ويتضح ذلك من جدول (١-٢) الذى يبين أهمية الخضروات كمصدر لمختلف الغناصر الغذائية بالنسبة للأمريكيين (Ware & McCollum ١٩٨٠، و Munger ١٩٧٩). وبرغم عدم توفر بيانات مماثلة بالنسبة لمصر، فإنه يتوقع أن تكون الخضروات أكثر أهمية — فى سد جزء أكبر من الاحتياجات اليومية للفرد من الفيتامينات والمعادن — منها فى الولايات المتحدة، نظرًا لزيادة الاعتماد على الأغذية النباتية فى مصر ودول العالم الثالث، عنه فى الولايات المتحدة والدول العربية بوجه عام.

٢- تعمل الخضروات — خاصة الغنية منها بالألياف — على تنشيط حركة الأمعاء وتقليل حالات الإمساك. وأهم الخضروات فى هذا الشأن: الورقية؛ مثل الكرنب، والكرفس، والسبانخ، والخس لارتفاع محتواها من الرطوبة والألياف. وعمومًا .. يمكن اعتبار جميع الخضروات مواد مالئة جيدة، خاصة الورقية والجذرية.

٣- تعمل الخضروات على معادلة الحموضة الزائدة فى المعدة، الناشئة عن استهلاك اللحوم والحلويات وبعض الأغذية الأخرى.

٤- تعتبر الخضروات - بصورة عامة - فقيرة من حيث محتواها من المواد الدهنية، وبذلك لا تؤدى زيادة استهلاكها إلى الإفراط فى فى السمنة، ويستثنى من ذلك الخضروات الغنية بالمواد الكربوهيدراتية؛ وهى: البقوليات الجافة، والبطاطا، والقلقاس، والبطاطس.

جدول (١-١): أغنى الخضروات من حيث محتواها من العناصر الغذائية.

العنصر الغذائي	الخضر الغنية به
السعرات الحرارية	البقوليات (الجافة والخضراء) — البطاطا — القلقاس — الذرة السكرية — البطاطس
المواد الكربوهيدراتية	البقوليات (الجافة والخضراء) — البطاطا — القلقاس — الذرة السكرية — البطاطس
البروتين	البقوليات (الجافة والخضراء)
الكالسوم	الكولارد — الكيل — أوراق اللفت — الكرسون — البقدونس — الفاصوليا الجافة
الفوسفور	البقوليات (الجافة والخضراء) — الذرة السكرية — عيش الغراب
الحديد	البقوليات الجافة — البقدونس — السبانخ
فيتامين أ	الجزر — الشيكوريا — أوراق اللفت — السبانخ — السلق — البقدونس — البطاطا — الكيل — القرع العسلى — الكرسون — البروكولى — الهندباء — الطماطم — الأسبرجس
فيتامين ب١	البقوليات (الجافة والخضراء) — الأسبرجس — الذرة السكرية
فيتامين ب٢	أوراق اللفت — عيش الغراب — البقوليات الجافة — البقدونس — البامية — السبانخ
النياسين	عيش الغراب — البقوليات (الجافة والخضراء) — الذرة السكرية — البطاطس — القلقاس — البامية
فيتامين ج	البقدونس — أوراق اللفت — الفلفل — البروكولى — الكيل —كرنب بروكسل — الكرسون — القنبيط — السبانخ — الكرنب — السلق — البقوليات الخضراء — البامية — الطماطم

٥- تعمل عديد من الخضروات كمضادات للإصابات السرطانية؛ ويرجع ذلك إلى واحد أو أكثر من العوامل التالية:

أ- محتواها المرتفع من مضادات الأكسدة وبعض الفيتامينات؛ مثل: البيتا كاروتين، وفيتامين جـ، وفيتامين هـ، والتوكوفيرولات tocopherols والجلوتاثيون glutathione، والليكوبين.

ب- محتواها المرتفع من الألياف.

جـ- محتواها المرتفع من بعض الفلافونات Flavones (عن San ١٩٨٧، و McGregor ١٩٨٧).

جدول (١-٢): أهمية الخضروات كمصدر لمختلف العناصر الغذائية بالنسبة للأمريكيين.

الخضر	النسبة المئوية لما يمده الحصول من الاحتياجات اليومية للفرد من العنصر الغذائى								
	البروتين	فيتامين ب٦	فيتامين أ	الثيامين	الريبوفلافين	النياسين	فيتامين ج	المغنسيوم	الكالسيوم
البطاطس	٢,٣	١١,٣		٨,٣	١,٨	٨,٣	١٩,٧	٠,٧	٠,٨
الجزر		٠,٩	١٣,٩					٠,٦	
الطماطم	٠,٨	٣,٥	٩,٥	٣,٢	١,٣	٣,١	١٢,٢	٢,٦	٠,٩
البطاطا			٥,٦				٠,٩		
الفاصوليا والبسلة الجافة	١,٧	١,٩		٣,٦	٠,٩	١,٠		٣,٩	١,٢
الكرنب		٠,٩		٠,٥			٥,١	٠,٥	٠,٦
السبانخ			٢,٢					٠,٥	
الفاصوليا الخضراء			٠,٧	٠,٥	٠,٤		١,٢	١,٠	٠,٦
الخس		٠,٦	٠,٨	٠,٨	٠,٥		١,١	٠,٨	
الفلفل							٣,٠		

د - محتواها المرتفع من مركبات خاصة تعرف بكونها مضادات للسرطان، كما فى الحالات التالية:

(١) الكورستين Quercetin فى البصل (Patil & Pike، و Patil وآخرون ١٩٩٥).

(٢) الفينول: حامض الإلاجك Ellagic Acid ذو الفاعلية القوية ضد السرطانات المحدثة كيميائيًّا (عن Mass, آخرين ١٩٩١).

(٣) مركب الكاربيونال Carbional الذى يوجد فى الفراولة ويثبط الإصابة بسرطان الثدى.

(٤) الإنزيمات التى توفر الحماية ضد الإصابة بالسرطان - وخاصة سرطان الثدى - مثل الإنزيم quinone reductase الذى يوجد فى البروكولى (عن Zhang وآخرين ١٩٩٢).

٦- يستدل من أحدث الدراسات على أن مستخلصات الكرفس تخفض الكوليسترول فى الفئران، وأن فصًا واحدًا من الثوم - يوميًا - يخفض الدهون فى الدم (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

ولمزيد من التفاصيل حول الأهمية الغذائية والصحية للخضر .. يراجع حسن (٢٠١٥أ).

حدائق الخضر المنزلية

تزرع حدائق الخضر المنزلية Vegetable Home Gardens (شكل ١-١؛ يوجد في آخر الكتاب) عند توفر المكان المناسب لها — إلى جانب المنزل — كهواية مفيدة لأفراد الأسرة، ولسد حاجتهم من الخضروات الطازجة على مدار السنة.

يجب اختيار موقع الحديقة، بحيث يكون قريبًا من مورد المياه، وبحيث تسهل خدمته والوصول إليه، وبحيث يمكن حمايته من البرودة والرياح. ومن أجل ذلك .. يفضل الجانب الجنوبي أو الجنوبي الشرقي للمنزل.

هذا .. وتكفي مساحة تتراوح بين ربع فدان ونصف فدان لتغطية احتياجات أسرة مكونة من ٥-٦ أفراد بالخضر الطازجة طوال العام، بخلاف ما يمكن حفظه وتجفيفه من الخضر المختلفة. ويجب أن تبقى المساحة في الحدود التي يمكن خدمتها بواسطة أفراد الأسرة.

وأنواع الخضر التي تزرع — عادة — بالحديقة هي:

١- الخضر التي يفضلها أفراد الأسرة، مع تنويعها إذا سمحت المساحة بذلك.

٢- الخضر التي تعطي إنتاجًا عاليًا من وحدة المساحة، مثل: الطماطم، والفاصوليا الخضراء، والكرنب، والخس، والبنجر، والجزر، والفجل، والسبانخ. ويؤخذ في الحسبان أن بعض هذه الخضروات قد لا تعطي محصولاً عاليًا، مثل: الفجل، والسبانخ، ولكنها أيضًا لا تشغل الأرض إلا لفترة وجيزة.

٣- كما تفضل زراعة الخضروات التي تُستهلك طازجة قدر الإمكان، لأن استهلاكها بعد حصادها من الحديقة مباشرة — وهي مازلت بحالة نضرة — يُشعر الإنسان بالفارق الكبير بين الخضروات المتحصل عليها من الأسواق، وتلك المتحصل عليها من حديقة المنزل.

تصميم حديقة الخضر المنزلية

تجب مراعاة النقاط التالية عند تصميم حديقة الخضر المنزلية:

١- أن يكون شكل الحديقة مستطيلاً؛ حتى يمكن إقامة الخطوط وخدمتها بسهولة.

٢- زراعة الخضر المعمرة فى أحد جوانب الحديقة، حتى لا يتعارض وجودها الدائم مع عمليات الخدمة بالحديقة.

٣- زراعة الخضروات التى تشغل الأرض لفترة طويلة معًا، وكذلك زراعة الخضروات التى تنمو وتحصد بسرعة معًا، حتى يمكن حصادها بعد فترة وجيزة، وزراعة خضروات أخرى مكانها.

٤- زراعة الخضروات التى تنمو عاليًا معًا وإلى أحد جوانب الحديقة؛ حتى لا تتسبب فى تظليل الخضروات الأخرى.

٥- أن تكون الزراعة على خطوط مستقيمة، مع تحديد اتجاهها؛ بحيث يتوفر للخضر المزروعة أفضل رى وصرف.

٦- يحسن عمل رسم تخطيطى للحديقة يُبين فيه مكان كل محصول، والمساحة المخصصة له، وعرض الخطوط، والمحاصيل التالية فى الزراعة فى حالة المحاصيل السريعة النمو.

٧- يجب الانتفاع بكل جزء من الحديقة.

٨- قد يتبع نظام التحميل (Thompson & Kelly ١٩٥٧، و Sims وآخرون ١٩٧٨).

منتجات الخضر الخاصة

تتميز منتجات الخضر الخاصة specialty vegetables بكونها مختلفة — لأسباب متباينة — عن الخضر العادية، وتشترك معًا فى كونها تباع بأسعار عالية إذا عُرف كيف يوجه تسويقها لفئات المستهلكين الذين يفضلونها. ومن هذه المنتجات الخاصة، ما يلى:

١- الخضر المصغرة miniature أو البيبى baby :

بدأ الطلب على الخضر البيبى منذ تسعينيات القرن الماضى فى أوروبا، ثم انتقل إلى الولايات المتحدة، وهى تتضمن البنجر والجزر والذرة السكرية والخس والكرات والبصل

والقنبيط والباذنجان والطماطم والبطاطس والكوسة وغيرهم. وبينما رُبِّيت أصنافًا خاصة لهذا الغرض فى بعض الخضر، مثل الكرات King Richard، والجزر Parmex، فإن غالبيتها يكون من الأصناف العادية ولكنها تزرع بكثافة عالية وتحصد مبكرًا.

٢- مخاليط الخس والخضر الورقية:

تعرف مخاليط الخس والخضر الورقية باسم مِسكلَن mesclun أو salad mix، وهى عبارة عن مزيج من أصناف الخس والخضر الورقية الأخرى، تحصد فى مرحلة البادرة، وهى بعمر ٣-٤ أسابيع، وتقوم شركات البذور بتجهيز مزيج من بذور الأصناف والأنواع التى يتشكل منها المخلوط، وتباع تحت أسماء تجارية مغرية، مثل chef's blend، و spring mix، و spicy mix ... إلخ. وتجهز المخاليط بالألوان والقوام والطعم حسب احتياجات الأسواق . وقد يستخدم فيها — كذلك الأزهار الصالحة للأكل، مثل أبو خنجر nasturtiums، و الآذريون calendulas، والبنفسج violas، وزهرة الثالوث (البانسية) pansies، والفاصوليا المدادة scarlet runner، وهى التى يمكن أن تضيف للمخلوط لونًا وطعمًا مميزين.

٣- مع استمرار أهمية مخاليط الخس والخضر الورقية والطلب عليها، فقد برز اتجاه آخر بعمل مخاليط أخرى تعرف باسم مخاليط السلاطة البرية wild salad mix، تتكون من نباتات خضراء تصنف -- عادة — على أنها حشائش، وهى تتضمن، ما يلى:

- الزربيح lamb's quarter (*Chenopodium album*)
- الداندليون dandelion (*Taraxacum officinale*)
- كيس الراعى shepherd's purse (*Capsella bursa-pastories*)
- عرف الديك amaranth (*Amaranths* spp.).
- عشب الطير chickweed (*Stellaria media*).
- curly dock (*Rumex crispus*).
- لسان الحمَل plantain (*Plantago major*، و *P. rugelii*، و *P. lanceolata*).
- الرجلة purslane (*Portulaca oleracea*).

- الحميض sorrel (*Rumex aceosella*).
- الكرسون الشتوى winter cress (*Barbarea vulgaris*، و *B. verna*).

تتميز هذه النباتات البرية بارتفاع قيمتها الغذائية، وبكونها تنمو بسهولة.

٤- خضر لاستهلاك المجموعات العرقية:

يزداد الطلب على خضروات خاصة من قبل مجموعات عرقية مختلفة تعيش كجاليات في مختلف الدول، ومن أمثلتها كثير من الخضر الصينية، وتلك التى يطلبها الهنود ومختلف الجاليات الآسيوية والأفارقة، ومواطنى أمريكا اللاتينية. تتضمن الخضر مئات الأنواع، ومع توفرها فى أسواق خاصة، بدأت تعرف لدى باقى المستهلكين ويزداد الطلب عليها منهم.

٥- الخضر المتوارثة:

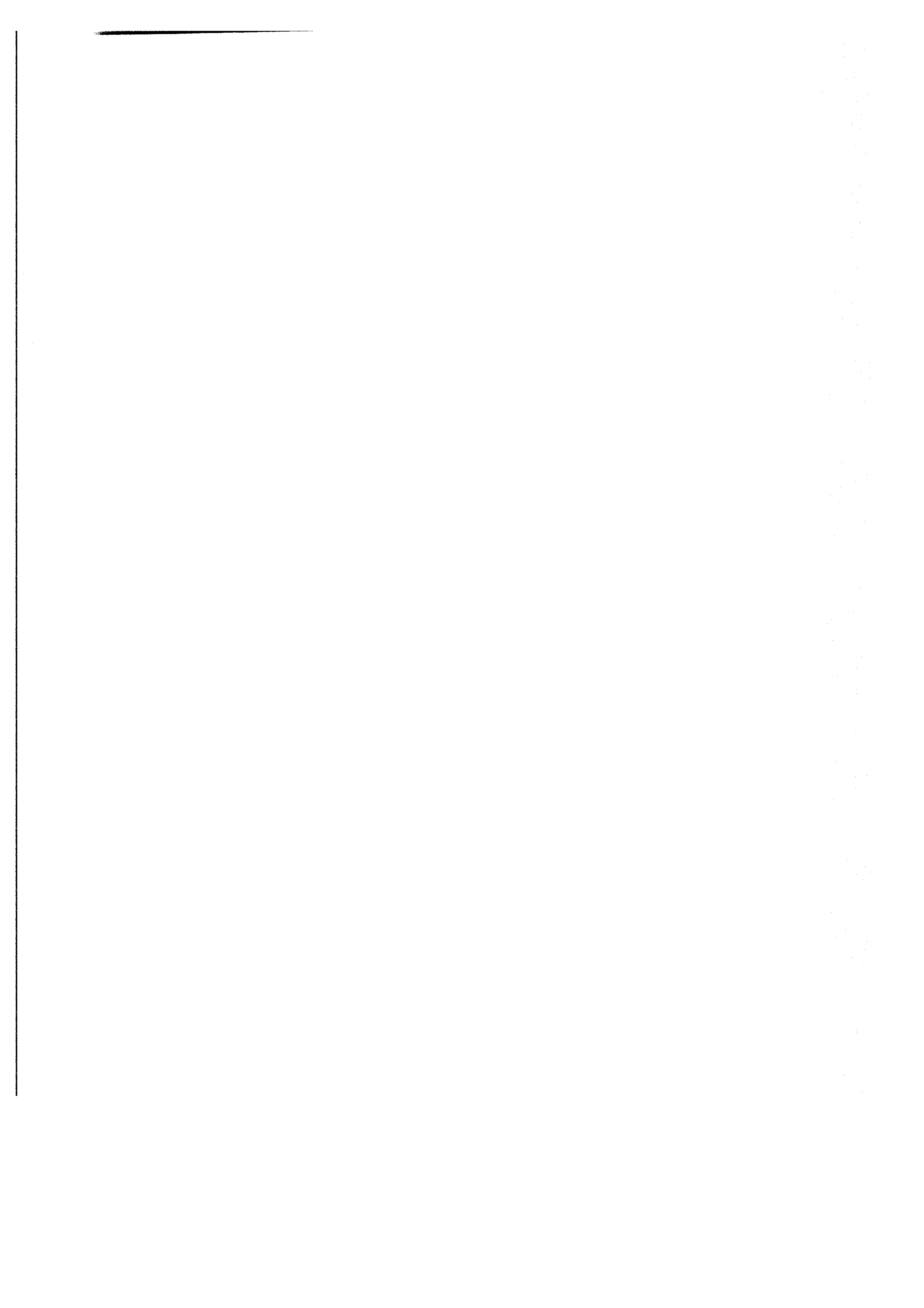
يعنى بالخضر المتوارثة heirloom vegetables تلك التى استمرت زراعتها جيلاً بعد آخر من خلال الأسرة والأصدقاء والجيران، وكذلك تلك التى تعدى عمرها ٥٠ عامًا. وتعد الأصناف المتوارثة من الطماطم أكثر شعبية عن أى خضر متوارثة أخرى. وتوفر مجموعة الـ Seed Savers Exchange نحو ١١٠٠٠ من الأصناف النادرة التى تختلف مواصفاتها فى الـ Seed Savers Yearbook (Bachmann ٢٠٠٢).

الأسماء العربية (الفصحى والدارجة) لمحاصيل الخضر ومقابلها الإنجليزى

تعرف بعض محاصيل الخضر بأسماء عربية دارجة تختلف من دولة لأخرى. فمثلاً .. تعرف البطاطس Potato باسم "البطاطا" فى عديد من الدول العربية، بينما تعرف البطاطا Sweet potato باسم بطاطا حلوة، كما يعرف الشمام Melon باسم بطيخ، بينما يعرف البطيخ Watermelon باسم "البطيخ الأحمر". ولذا .. نعرض – فيما يلى – قائمة بالأسماء الدارجة التى يشيع استعمالها مع محاصيل الخضر فى شتى الدول العربية، مع أسمائها الفصحى ومقابلها الإنجليزى، لتجنب أى التباس قد يحدث نتيجة لاختلاف الاسم العربى الدارج بين الأقطار العربية.

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى
فول عريض – فول رومى – باقلاء – فول	Broad Bean
فول صغير – فول بلدى	Dwart Bean
لوبيا رفيعة – فاصوليا مدادة	Runner Bean
شمندر (بنجر) – شوندر	Beetroot
قنبيط بروكولى – بروكولى	Broccoli
كرنب برعمى – كرنب بروكسل	Brussels Sprout
كرنب أبيض – كرنب – ملفوف – لهانة	White Cabbage
كرنب السافوا – كرنب مجعد الأوراق	Savoy Cabbage
كرنب صينى	Chinese Cabbage
جزر	Carrot
قنبيط – زهرة	Cauliflower
كرفس	Celery
هندباء برية – شيكوريا	Chicory
خيار – خيار الماء	Cucumber
باذنجان	Eggplant
فجل يابانى	Japanese Radish
كرات – بقل	Leek
خس على هيئة الكرنب	Lettuce Cabbage variety
خس طويل الأوراق – خس رومين	Lettuce Cos variety
شمام – بطيخ أصفر – بطيخ – قاوون	Melon
بامية	Okra
بصل	Onion
بقدونس – معدونس	Parsley
بازلاء – بسلة – بزاليا	Pea
فلفل – فليفلة	Pepper
يقطين – قرع عسلى – القرع	Pumpkin
فجل – رويد	Radish
سبانخ	Spinach

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى
ذرة حلوة – ذرة سكرية	Sweetcorn
بندورة – طماطم – طماطة – قوطة	Tomato
لفت – شلغم	Turnip
كوسة – شجر	Vegetable Marrow
بطيخ – جح – ركى – حب حب – جَبَس	Watermelon
البطاطس – البطاطا – على ولَم	Potato
القثاء – الطروح – فقوس – تعرزوى	Snake Cucumber
البطاطا – البطاطا الحلوة – فندال	Sweet Potato
الفينوكيا – الشومر	Florence Fennel
اللوبيا – عوين	Cowpeas



الفصل الثانى

تقسيم الخضر

يُقصد بتقسيم الخضر Vegetable Classification وضعها فى مجاميع، بحيث تتشابه خضروات كل مجموعة فى صفة معينة، أو فى عدد من الصفات، أو فى تأقلمها على ظروف بيئية خاصة، أو تشابهها فى بعض العمليات الزراعية التى تجرى لها ... إلخ. والتقسيم قد يكون مقصورًا على صفة واحدة، مثل تقسيم الخضر حسب تحملها للملوحة، أو مقدرتها على تحمل نقص أو زيادة عنصر معين فى التربة، أو مقدرتها على تحمل حموضة التربة (انخفاض رقم الـ pH)؛ وقد يكون تقسيمًا أشمل وأوسع ويتضمن عددًا كبيرًا من الصفات والخصائص. ومن الطبيعى أن التقسيم الأول الذى يعتمد على صفة واحدة يفيد فى دراسة الخضر بالنسبة لهذه الصفة فقط، لكن التقسيم الأوسع يفيد فى دراسة الخضر من عدة وجوه. وسنذكر فيما يلى بعض الطرق المستخدمة فى تقسيم الخضر.

تقسيم الخضر حسب الجزء النباتى المستعمل فى الغذاء

يعتبر تقسيم الخضر حسب الجزء النباتى المستعمل فى الغذاء من أبسط طرق التقسيم، ويفيد فقط فى معرفة الجزء النباتى المستعمل فى الغذاء من الخضروات المختلفة.

وتبعًا لهذا التقسيم .. توضع الخضروات فى المجاميع التالية:

١- خضروات تؤكل منها الأوراق، وتشمل:

كرنب بروكسل (وهو عبارة عن برعم إبطى) — الكرنب (حيث تؤكل الرأس المحيطة بالبرعم الطرفى) — السلق — الشيكوريا — الكرنب الصينى — الكولارد — حب الرشاد — الداندليون — الهندباء — الكيل — الخس — المسترد — البقدونس — السوريل — السبانخ — الملوخية — الخبيزة — الرجلة (حيث تؤكل الأوراق والسيقان معًا) — الكرات

المصرى — الكرات أبو شوشة (حيث تؤكل الأوراق وقواعدها المكونة للساق الكاذبة) — السبانخ النيوزيلاندى (حيث تؤكل الأوراق والسيقان معًا) — البصل الأخضر — الكرفس البلدى — الجرجير — الفجل (تؤكل جذوره أيضًا) — الشبت — الشالوت — الشيف.

٢- خضروات تؤكل منها قواعد الأوراق، وتشمل:

البصل (البصلة) — الكرات أبو شوشة (الساق الكاذبة) — البصل الأخضر (الساق الكاذبة) — الكاردون — الكرفس الأجنبى (ونصل الورقة أيضًا) — الروبارب.

٣- خضروات تؤكل منها البراعم، وتشمل:

الثوم (براعم إبطية تكوّن جزءًا أساسيًّا من بصلة الثوم) — كرنب بروكسل — البروكولى.

٤- خضروات تؤكل منها القمم النامية، وتشمل:

القنبيط: ويؤكل منه القرص curd، وهو عبارة عن كتلة متضخمة من القمم النامية، بالإضافة إلى حوامل القمم النامية، والتى تكون متشحمة ومتفرعة.

٥- خضروات تؤكل منها الأجزاء الزهرية، وتشمل:

الفراولة (يؤكل التخت الزهرى المتشحم) — الخرشوف (يؤكل التخت النورى المتشحم وقواعد الأوراق الحرشفية المحيطة بالنورة).

٦- خضروات تؤكل منها السيقان، وتشمل:

الأسبرجس (حيث تؤكل المهاميز spears) — الفينوكيا (ويؤكل منها السيقان مع قواعد الأوراق) — كرنب أبو ركبة (تؤكل الساق المتضخمة) — السبانخ النيوزيلاندى والرجلة (تؤكل منها السيقان والأوراق) — البطاطس (تؤكل الدرنات) — الطرطوفة (تؤكل الكورمات).

٧- خضروات تؤكل منها الجذور:

تؤكل الجذور العادية الرئيسية للنبات فى كل من فجل الحصان والسلسفيل. وتؤكل الجذور المتدرنة فى كل من الكاسافا والبطاطا واليام. وتؤكل السويقة الجنينية السفلى، والجزء العلوى المتضخم من الجذر فى كل من الجزر — الجزر الأبيض — البنجر — اللفت — السيليرياك — الفجل — الروتاباجا.

٨- خضروات تؤكل منها الثمار غير الناضجة، وتشمل:

الفاصوليا الخضراء - الكايوت - الخيار - بعض أصناف البسلة التى تؤكل قرونها الخضراء كاملة - الباذنجان - الجيركن - البامية - الفلفل (حيث يؤكل منه جدار المبيض) - قرع الكوسة - اللوبيا الخضراء.

٩- خضروات تؤكل منها الثمار الناضجة، وتشمل:

السترون - القاوون - الشمام - الفلفل - القرع العسلى - الطماطم - الحرنكش - البطيخ - قرع الشتاء .

١٠- خضروات تؤكل منها البذور غير الناضجة، وتشمل:

البسلة الخضراء - الفول الرومى - فاصوليا الليما - الذرة السكرية.

١١- خضروات تؤكل منها البذور الناضجة، وتشمل:

البسلة الجافة - الفاصوليا الجافة - اللوبيا الجافة - الذرة الفيشار.

١٢- خضروات تؤكل منها البادرة seedling، وتشمل: فول الصويا (نبت البذور)، وكرسون الماء.

تقسيم الخضروات حسب طرق زراعتها واحتياجاتها من عمليات الخدمة

تعتبر تلك أفضل طريقة للتقسيم لدراسة زراعة الخضروات، دون الحاجة إلى تكرار ذكر العمليات الزراعية التى غالبًا ما تتشابه بين محاصيل كل مجموعة. وأحيانًا تشمل المجموعة نباتات عائلة واحدة، كما هى الحال فى القرعيات، والبقوليات، والباذنجانيات الثمرية، والمحاصيل البصلية، والكرنبيات cole crops إلا أنها قد تضم محاصيل من عائلات متفرقة، كما هى الحال فى مجموعة الخضروات الجذرية أو الورقية أو المعمرة. وتبعًا لذلك التقسيم، قام Thompson & Kelly (١٩٥٧) بوضع الخضروات فى ١٣ مجموعة كالتالى:

١- الخضروات المعمرة Perennial Crops، وتشمل:

الأسبرجس - الروبارب - الخرشوف - الطرطوفة - السى كيل. وفى مصر لا يترك منها ليعمر إلا الأسبرجس، أما الخضر الباقية، فتجدد زراعتها سنويًا.

٢- الخضروات الخضراء التى تطهى Potherbs or Greens، وتشمل:

السبانخ – السبانخ النيوزيلاندى – السبانخ الحجازى – الكيل – السلق – المسترد – الكولارد – الداندليون – الملوخية – الرجلة – الخبيزة.

٣- محاصيل السلاطة Salad Crops، وتضم:

الكرفس – الخس – الهندباء – الشيكوريا – حب الرشاد – البقدونس – الشبت – الكزبرة – أذرة السلاطة.

٤- الكرنبيات Cole Crops، وتشمل:

الكرنب – القنبيط – البروكولى – كرنب بروكسل – كرنب أبو ركبة – الكرنب الصينى.

٥- الخضر الجذرية Root Crops، وتشمل:

البنجر – الجزر – الجزر الأبيض – اللفت – الروتاباجا – السلسفيل – الفجل – فجل الحصان.

٦- الخضر البصلية Bulb Crops، وتشمل:

البصل – الكرات – الثوم – الشالوت – بصل ويلز – الشيف.

٧- البطاطس.

٨- البطاطا.

٩- البقوليات Legumes، وتشمل:

البسلة – الفاصوليا – الفول الرومى – فاصوليا الليما – اللوبيا – فول الصويا.

١٠- الباذنجانيات الثمرية Solanaceous Vegetables، وتضم:

الطماطم – الباذنجان – الفلفل – الحرنكش.

١١- القرعيات Cucurbits، وتضم:

الخيار – البطيخ – القرع العسلى – قرع الكوسة.

١٢- مجموعة الذرة السكرية والبامية والمارتينيا.

١٣- مجموعة الكايوت، واليام، والقلقاس، والكاسافا.

هذا .. ويلاحظ أن بعض المجاميع التى وردت فى التقسيم تضم خضروات لا تتشابه فى طريقة زراعتها، ولكنها وضعت معًا بالرغم من ذلك، مثال ذلك المجموعات: ١، ١٢، ١٣.

التقسيم الحرارى

يفيد التقسيم الحرارى للخضر فى تعرف أفضل درجات الحرارة المناسبة للمحصول؛ ومن ثم يمكن الاستفادة منه فى تحديد مواعيد الزراعة المناسبة فى المناطق المختلفة. وقد أُجريت عدة محاولات لتقسيم الخضر حسب احتياجاتها الحرارية، نذكر منها ما يلى:

تقسيم نط Knott لخضروات المواسم الباردة وخضراوات المواسم الدافئة

قسم نط Knott (١٩٥٧) الخضروات إلى مجموعتين فقط حسب احتياجاتهما الحرارية؛ كما يلى:

١- خضروات المواسم الباردة Cool Season Vegetables، وتتضمن:

الخرشوف — الأسبرجس — الفول الرومى — البنجر — البروكولى — كرنب بروكسل — الكرنب — الكاردون — الجزر — القنبيط — الكرفس — السيليرياك — السلق السويسرى — الشيكوريا — الكرنب الصينى — الشيف — الكولارد — أذرة السلاطة — حب الرشاد — الداندليون — الهندباء — الفينوكيا — الثوم — فجل الحصان — الطرطوفة — الكيل — كرنب أبو ركبة — الكرات المصرى — الكرات أبو شوشة — الخس — المسترد — البصل — البقدونس — الجزر الأبيض — البسلة — البطاطس — الفجل — الروبارب — الروتاباجا — السلسفيل — السى كيل — الشالوت — السوريل — السبانخ — اللفت — الكرسون المائى — الخبيزة.

٢- خضروات المواسم الدافئة Warm Season Vegetables، وتتضمن:

الفاصوليا — فاصوليا الليما — الكايوت — الذرة السكرية — اللوبيا — الخيار — الباذنجان — المارتينيا — القاوون — السبانخ النيوزيلاندى — البامية — الفلفل — القرع العسلى — الروزيل — فول الصويا — قرع الكوسة — البطاطا — البطيخ — قرع الشتاء — الرجلة — الملوخية.

وقد لخص نط Knott الفروق الرئيسية بين خضروات المجموعتين فيما يلي:

١- تزرع خضروات الموسم البارد غالبًا من أجل استعمال أجزائها غير الثمرية، كالجذور والسيقان والأوراق والبراعم والأجزاء الزهرية التى لم يكتمل نموها. ويشذ عن هذه القاعدة كل من البطاطس التى تؤكل جذورها، والسبانخ النيوزيلاندى، والرجلة، وتؤكل منهما السيقان والأوراق، والملوخية، وتؤكل أوراقها، وجميعها من خضروات الجو الدافئ.

هذا .. بينما تزرع خضروات الموسم الدافئ غالبًا من أجل ثمارها غير الناضجة أو الناضجة، ويشذ عن هذه القاعدة كل من: البسلة، والفول الرومى، وكلاهما من خضروات المواسم الباردة.

٢- يمكن أن تنبت بذور خضروات المواسم الباردة فى درجات حرارة منخفضة نسبيًا، كما يمكن لنباتاتها أن تتحمل البرودة والصقيع بدرجة أكبر من خضروات المواسم الدافئة.

٣- غالبية نباتات المواسم الباردة تكون أصغر حجمًا، وجذورها أكثر سطحية، وتستجيب للتسميد الآزوتى بدرجة أكبر من نباتات المواسم الدافئة.

٤- تتجه نباتات المواسم الباردة ذات الحولين للإزهار المبكر فى موسم النمو الأول إذا تعرضت لدرجة حرارة منخفضة لفترة تختلف من محصول لآخر، ولا توجد هذه الظاهرة فى خضروات المواسم الدافئة.

٥- تخزن خضروات المواسم الباردة فى درجة حرارة الصفر المئوى، وتشذ عن ذلك البطاطس التى تخزن فى درجات حرارة أعلى من ذلك. وتعد الذرة السكرية المحصول الوحيد من خضروات المواسم الدافئة الذى تخزن ثماره فى درجة الصفر المئوى. ويؤدى تخزين خضروات المواسم الدافئة فى درجة حرارة من صفر-٧°م إلى تعرضها لأضرار البرودة Chilling Injury، بينما لا يحدث ذلك فى خضروات المواسم الباردة.

وبينما يتميز هذا التقسيم ببساطته وإعطائه عددًا كبيرًا من الخصائص لخضروات كل مجموعة، إلا أنه لا يؤخذ فى الحسبان:

١- الخضروات التى تحتاج إلى درجات حرارة متوسطة بين المنخفضة والمرتفعة نسبيًّا؛ مثل الفاصوليا والبطاطس.

٢- الخضروات التى تلزمها فترة من الجو الدافئ، تعقبها فترة من الجو البارد، أو العكس.

٣- الخضروات المعمرة التى تحتاج إلى درجات حرارة متباينة أثناء نموها وتطورها.

هذا .. ويمكن فى المناطق ذات الشتاء المعتدل البرودة اعتبار خضروات المواسم الباردة خضرًا شتوية، وخضروات المواسم الدافئة خضرًا صيفية. ففى هذه المناطق تزرع الخضر الشتوية فى الخريف، أو أوائل الشتاء، وتنمو شتاءً، وتحصد شتاءً أو فى الربيع، بينما تزرع الخضر الصيفية بعد انتهاء الجو البارد فى الربيع، وتستمر زراعتها ونموها أثناء أشهر الصيف، وتحصد صيفًا أو فى الخريف.

ولا شك فى أنه يوجد تداخل بين نباتات المجموعتين. فمن الخضر الشتوية ما تتحمل الحرارة نسبيًّا، وتعطى نموًّا مرضيًا بالرغم من ذلك، ومنها السلق والبنجر والجزر الأجنبى والبصل. ومن الخضر الصيفية ما يكون نموها أفضل فى الجو البارد فى المراحل المتأخرة من النمو، خاصة عند نضج المحصول، كما فى الفاصوليا ويوضح جدول (٢-١) درجات الحرارة المناسبة لكل من الخضر الشتوية والصيفية (مرسى وآخرون ١٩٥٩).

جدول (٢-١): المجال الحرارى الملائم للخضر الشتوية والصيفية

الخضر	معدلات درجات الحرارة (°م)			
	الدنيا	المدى المناسب	العظمى	الحد الأقصى للمتوسط الشهرى
الشتوية	٢-٤	١٥-١٨	٢٦-٣٠	٢١
الصيفية	٩-١٠	٢٢-٢٥	٣٣-٣٧	—

وإلى جانب تقسيم نط Knott السابق للخضروات إلى خضروات المواسم الباردة وخضروات المواسم الدافئة، فقد تقدم بتقسيم آخر للخضر حسب درجات الحرارة الصغرى والعظمى، والمجال المناسب لنموها، كما هو موضح فى جدول (٢-٢). ويعد هذا التقسيم أكثر تفصيلاً من التقسيم الأول، لكن يعيبه أنه مازال قاصرًا عن تحديد درجات الحرارة المناسبة لكل محصول فى أطوار نموه المختلفة.

جدول (٢-٢): تقسيم نط Knott للخضروات حسب متوسطات درجات الحرارة الصغرى والعظمى، والمجال المناسب لنموها.

درجات الحرارة (°م)			
الصغرى	العظمى	المجال المناسب	الخضر
-١	—	—	الأسبرجس — الروبارب
٧	٣٠	١٣-١٤	الشيكوريا — الشيف — الثوم — الكرات — البصل — السلسفيل — الشالوت
٤	٢٤	١٦-١٨	البنجر — الفول الرومى — البروكولى — كرنب بروكسل — الكرنب — السلق — الكولارد — فجل الحصان — الكيل — كرنب أبو ركبة — الجزر الأبيض — الفجل — الروتاباجا — السوريل — السبانخ — اللفت
٧	٢١-٢٤	١٦-١٨	الخرشوف — الكاردون — الجزر — القنبيط — السيليرياك — الكرفس — الشيكوريا — الكرنب الصينى — الهندباء — الفينوكيا — الخس — المسترد — البقدونس — البسلة — البطاطس
١٠	٢٧	١٦-٢١	الفاصوليا — فاصوليا الليما
١٠	٣٥	١٦-٢٤	الذرة السكرية — اللوبيا — السبانخ النيوزيلاندى
١٠	٣٢	١٨-٢٤	الكايوت — القرع العسلى — قرع الكوسة
١٦	٣٢	١٨-٢٤	الخيار — القاوون
١٨	٢٧	٢١-٢٤	الفلفل الحلو — الطماطم
١٨	٣٥	٢١-٢٩	الباذنجان — الفلفل الحريف — المارتينيا — البامية — الروزيل — البطاطا — البطيخ — الشمام.

تقسيم الخضروات حسب درجة تحملها للصقيع

يعتمد هذا التقسيم على مدى تحمل الخضروات لدرجات الحرارة الأقل من الصفر المئوى، وفيه تقسم الخضروات كما يلى (تقسيم Kader وآخرون عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠):

١- الخضروات الشتوية: وجميع محاصيل هذه المجموعة تتحمل نباتاتها البالغة الصقيع، وتقسم إلى تحت مجموعتين:

أ- خضروات شديدة التحمل للصقيع Very Hardy: وهذه تنبت تقاويها فى درجات الحرارة المنخفضة، وتتحمل نباتاتها الصغيرة الصقيع جيدًا، وتتضمن:

الأسبرجس — البروكولى — كرنب بروكسل — الكرنب — الشيف — الكولارد — القلقاس — الثوم — فجل الحصان — الكيل — كرنب أبو ركبة — الكرات — المسترد — البصل — البسلة — البقدونس — الفجل — الروبارب — الروتاباجا — السبانخ — اللفت.

ب- خضروات وسطية فى تحملها للصقيع Half-hardy: وهذه تنبت تقاويها فى درجات الحرارة المنخفضة، وتتحمل نباتاتها موجات الصقيع الخفيفة، وتتضمن: البنجر — الجزر — القنبيط — الكرفس — السلق — الكرنب الصينى — الخرشوف — الهندباء — الخس — الجزر الأبيض — البطاطس — السلسفيل.

٢- الخضروات الصيفية: وجميع نباتات هذه المجموعة حساسة للصقيع، وتقسم إلى تحت مجموعتين:

أ- خضروات حساسة للصقيع Tender، وهذه لا تتحمل موجات الصقيع الخفيفة، وقد تموت إذا تعرضت لها، ولكنها تتحمل الجو البارد والتربة الباردة نسبيًا، وتتضمن: اللوبيا — السبانخ النيوزيلاندى — الفاصوليا — فول الصويا — الذرة السكرية — الطماطم.

ب- خضروات شديدة الحساسية للصقيع Very Tender: وهذه تتضرر نباتاتها من الجو البارد، وتتضمن: الخيار — الباذنجان — فاصوليا الليما — القاوون — الشمام — البامية — الفلفل — القرع العسلى — قرع الكوسة — البطاطا — البطيخ.

تقسيم الخضر حسب نوع التلقيح السائد فيها

يفيد تقسيم الخضر حسب نوع التلقيح السائد فيها فى توفير الظروف المناسبة لإنتاج كل من المحصول الثمرى فى الخضر التى تزرع لأجل ثمارها أو بذورها، ومحصول البذور عند إنتاج التقاوى البذرية.

وتقسم محاصيل الخضر حسب نوع التلقيح السائد فيها إلى أربع مجموعات، كما يلى:

١- خضر ذاتية التلقيح:

وتتضمن الفاصوليا العادية وفاصوليا الليما والشيكوريا والهندباء والبسلة واللوبيا والطماطم.

٢- خضر خلطية لتلقيح بين نباتات مختلفة:

وتتضمن الكرنب والفجل.

٣- خضر يمكن أن يحدث فيها التلقيح ذاتيًّا (بين أزهار من نفس النبات)، أو خلطيًّا (بين أزهار من نباتات مختلفة):

أ- يتم التلقيح غالبًا بحمل الهواء لحبوب اللقاح:

وتتضمن: البنجر والجزر والكرفس والسلق السويسرى والذرة السكرية والسبانخ.

ب- يتم التلقيح غالبًا بحمل الحشرات لحبوب اللقاح:

وتتضمن: البروكولى وكرنب بروكسل والقنبيط والكولارد والخيار والباذنجان والجورد والكيل وكرنب أبو ركبة والخس والكنتالوب والمسترد والبامية والبقدونس والكسبرة والشبت والجزر الأبيض والفلفل والقرع العسلى والروتاباجا والكوسة والبطيخ.

٤- خضر تضم نباتات مذكرة وأخرى مؤنثة ويكون التلقيح بينها:

وتشمل: السبانخ والأسبرجس.

التقسيم النباتى

يبنى التقسيم النباتى Botanical Classification على أساس درجة القرابة الوراثية بين النباتات، وما يربط بينها من صفات مورفولوجية وفسيولوجية وتشريحية. ومن أهم الصفات المورفولوجية التى يعتمد عليها فى هذا الشأن تركيب الزهرة.

ويتـدرج التقسـيم النبـاتى للملكـة النباتيـة Plant Kingdom، كمـا فصلـه Lineaeus ١٧٥٣ فى Species Plantarum، كما يلى:

Division	
a. Algae and fungi (Thallophyta)	الطحالب والفطريات
b. Moses and liverworts (Bryophyta)	الآشنات
c. Ferns (Pteridophyta)	السراخس
d. Seed plants (Spermatophyta)	النباتات البذرية
Classes of seed plants	
a. Cone-bearing (Gymnosperm)	معراة البذور
b. Flowering (Angiosperm)	النباتات الزهرية
Subclass of flowering plants	
a. Monocotyledon	وحيدة الفلقة
b. Dicotyledon	ذوات الفلقتين
Order	رتبة
Family	عائلة
Genus	جنس
Species	نوع
Variety or Group (botanical)	صنف نباتي أو مجموعة
Cultivar (horticultural variety)	صنف بستاني
Strain (horticultural)	سلالة بستانية

وإذا مـا أخـذنا صـنف الكرنـب Golden Acre YR (سـلالة الصـنف YR المقاومـة للاصفرار yellows resistant)، فإن تسلسل التقسيم يكون على النحو التالى:

Division: Spermatophyta
Class Angiospermae
Subclass: Dicotyledonae
Order: Rhoeodales
Family: Brassicaceae (Cruciferae)
Genus: *Brassica*
Species: *oleracea* L.
Group: Capitata
Cultivar: Golden Acre
Strain: Golden Acre YR

يتبين مما تقدم أن كل نبات يعرف باسم علميٍّ يتكون من اسم الجنس واسم لنوع اللذين يتبعهما النبات، وكذلك اسم الصنف النباتى إن وجد، وهى الوحدات التقسيمية التى ينتهى عندها تسلسل التقسيم لهذا النبات.

وتجدر الإشارة إلى أن اسم الجنس يبدأ دائمًا بحرف كبير captial، بينما يبدأ اسم النوع وجميع المراتب التقسيمية التالية له بحرف صغير lower case. ويكتب اسم الجنس وأسماء جميع المراتب التقسيمية التالية له بحروف مائلة italics (لأنها أسماء لاتينية)، أو يوضع تحت كل منها خط. يلاحظ أن هذا الخط لا يمتد بين الكلمات. ولا يوضع تحت بعض — وليس كل — الوحدات التقسيمية التالية للنوع؛ مثل: الـ Group.

يعطى الاسم العلمى لمجموعة من النباتات تعرف بالنوع المحصولى Kind؛ مثل: الطماطم والكرنب والفاصوليا. ويختلف النوع المحصولى عن النوع النباتى Species، فمثلاً يشتمل النوع النباتى *Brassica oleracea* على عدة أنواع محصولية؛ منها: الكرنب، والقنبيط، وكرنب أبو ركبة، وكرنب بروكسل، والكولارد، وكلٌ منها يعد صنفًا نباتيًا قائمًا بذاته، ويُعْطَى اسمًا علميًا مستقلاً.

كذلك يختلف الصنف المحصولى (أو الصنف التجارى أو البستانى) عن الصنف النباتى. فالصنف المحصولى يشتمل على مجموعة من النباتات التى تنتمى إلى نوع محصولى واحد، وتتماثل تقريبًا فى كل صفاتها النباتية والبستانية الهامة. وتختلف الأصناف المحصولية بعضها عن بعض فى صفة أو أكثر من الصفات الواضحة المميزة. وتعد كلمة cultivar (واختصارها .cv للمفرد، و cvs للجمع) هى التسمية الرسمية العلمية الدولية للصنف المحصولى، والتى أدخلت لتحل محل كلمة variety؛ حتى لا يحدث التباس بين الصنفين التجارى والنباتى.

مزايا وعيوب التقسيم النباتى

يتميز التقسيم النباتى لمحاصيل الخضر بما يلى:

١- يمكن من خلاله التعرف على درجة القرابة النباتية بين مختلف محاصيل

الخضر وإمكانات التهجين فيما بينها؛ لأن التهجين يحدث بسهولة بين الأصناف النباتية للنوع النباتى الواحد، بينما يمكن إجراؤه بدرجات متفاوتة من السهولة أو الصعوبة بين الأنواع المختلفة للجنس الواحد، فى الوقت الذى تزيد فيه بشدة صعوبة إجراء التهجينات بين النباتات التى تتبع أجناسًا مختلفة حتى لو كانت من عائلة واحدة.

٢- تتشابه أحيانًا بعض محاصيل العائلة الواحدة فى طريقة زراعتها وخدمتها، وفى الأمراض والآفات التى تصيبها.

٣- تتشابه كذلك بذور نباتات العائلة الواحدة — إلى حد كبير — فى شكلها وحجمها؛ الأمر الذى يفيد فى معرفة أنسب عمق لزراعتها.

ولكن يعيب التقسيم النباتى أنه لا يفيد فى التعرف على الاحتياجات الحرارية لمحاصيل الخضر؛ لأن محاصيل العائلة الواحدة قد تتفاوت كثيرًا فى هذه الأمور.

ونبين — فيما يلى — قائمة بمحاصيل الخضر وأسمائها العلمية؛ مقسمة حسب العائلات النباتية التى تنتمى إليها.

عائلات الخضر ذوات الفلقة الواحدة

تندرج تحتها المحاصيل التى تنتمى إلى كل من العائلات التالية:

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
العائلة الثومية Alliaceae		
١- البصل	Onion	*Allium cepa* L.
٢- الثوم	Garlic	*A. sativum* L.
٣- الكرات أبو شوشة	Leek	*A. ampeloprasum* L. (*A. porrum* الاسم السابق)
٤- الكرات المصرى	Egyptian Leek	*A. kurrat*
٥- هجين نوعى من البصل الأخضر	Beltsville Bunching	A. cepa *L. cv.* White Portugal × *A. fistulosum* L. cv. Nebuka

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
٦- الشالوت أو بصل عسقلان أو البصل المتجمع	Shallot, Potato Onion, or Multiplier Onion	*A. cepa* var. aggregatum *L.* (*A. ascalonicum* الاسم السابق)
٧- بصل ويلز أو البصل اليابانى الأخضر	Welsh onion or Japanese Bunching Onion	*A. fistulosum* L.
٨- الشيف	Chives	*A. schoenoprasum* L.
٩- الشيف الصينى	Chinese Chives or Oriental Garlic	*A. tuberosum* Rott. Ex Spreng
العائلة القلقاسية Araceae		
١- القلقاس	Taro or Dasheen	*Colocasia esculenta* (L.) Schott
العائلة الزنبقية Liliaceae		
١- الأسبرجس	Asparagus	*Asparagus officinalis*
العائلة النجيلية Gramineae (أو Poaceae)		
١- الذرة السكرية	Sweet Corn	*Zea mays* L. var. *saccharata*
٢- الذرة الفيشار	Pop Corn	*Z. mays* L. var. *everta*
عائلة اليام Discoreaceae		
١- اليام الصينى	Yam or Chinese Yam	*Discorea batatas* Decne
٢- اليام الأبيض	Wite Yam	*D. alata*

عائلات الخضر ذوات الفلقتين

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
العائلة الباذنجانية Solanaceae		
١- الطماطم	Tomato	*Solanum lycoperscon* L.
٢- الفلفل	Pepper	*Capsicum annuum* L.
	Tobasco Pepper	*C. frutescens* L.
٣- الباذنجان	Eggplant	*Solanum melongena* L.
٤- البطاطس	Potato	*S. tuberosum* L.
٥- الحرنكش	Ground Cherry or Husk Tomato	*Physalis pruinosa* L.

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
العائلة القرعية Cucurbitaceae		
١- قرع الكوسة	Summer Squash	*Cucurbita* L. var. *melopepo*
٢- القرع العسلى	Pumpkin	*C. pepo* L.
		C. moschata Duch. ex Poir
		C. maxima Duch.
		C. agryosperma
٣- قرع الشتاء	Winter Squash	*C. pepo* L.
		C. moschata Duch. ex Poir
		C. maxima Duch.
٤- الخيار	Cucumber	*Cucumis sativus* L.
٥- القاوون	Melon	*C. melo*
القاوون الشبكى	Muskmelon	*C. melo* var. *reticulatus* Naud.
القاوون الأملس	Honey Dew	*C. melo* var. *inidorus* Naud.
القاوون الأوروبى (الكنتالوب)	Cantaloupe	*C. melo* var. *cantalupensis* Naud.
٦- الشمام	Sweet Melon	*C. melo* var. *aegyptiacus*
٧- القثاء	Snake Melon	*C. melo* var. *flexuous* Naud.
٨- العجور أو عبداللاوى	Mango Melon	*C. melo* var. *chito* Naud.
٩- القثاء الصعيدى		*C. melo* var. *elongatus*
١٠- القثاء الفيرانى		*C. melo* var. *pubescence*
١١- الجركن	West Indian Gherkih	*C. anguria* L.
١٢- البطيخ	Watermelon	*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Naki
		(*C. vulgaris* الاسم السابق)
١٣- الشمام المر	Bitter melon	*Momordica charantia*
١٤- الكايوت	Chayote	*Sechium edule* (Jacq.) Sw.
١٥- اللوف	Sponge gourd	*Luffa aegyptiaca*
العائلة الصليبية Cruciferae (أو Brassicaceae)		
١- الكرنب	Cabbage	*Brassica oleracea* var. *capitata* L.
٢- القنبيط	Cauliflower	*B. oleracea* var. *botrytis* L.

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
B. oleracea var. *italica* Plenk.	Broccoli	٣- البروكولى
B. oleracea var. *gongylodes*	Kohlrabi	٤- كرنب أبو ركبة
(*B. caulorapa* الاسم السابق)		
B. oleracea var. *gemmifera* Zenker.	Brussels Sprouts	٥- كرنب بروكسل
B. oleracea var. *acephala*	Collard	٦- الكولارد
B. oleracea var. *acephala*	Common Kale	٧- الكيل العادى
B. oleracea var. *alboglabra*	Chinese Kale	٨- الكيل الصينى
B. napus var. *napobrassica*	Rutabaga	٩- الروتاباجا
(*B. napobrassica* الاسم السابق)		
B. rapa var. *rapifera*	Turnip	١٠- اللفت
(*B. rapa* الاسم السابق)		
B. rapa var. *pekinensis*	Chinese Cabbage	١١- الكرنب الصينى (الرؤوس)
B. rapa var. chinensis	Chinese Cabbage	١٢- الكرنب الصينى (الورقى)
B. rapa *var. chinensis*	Chinese Mustard	١٣- المسترد الصينى
(*B. chinensis* الاسم السابق)		
B. rapa *var. perviridis*	Spinach Mustard	١٤- مسترد السبانخ
(*B. perviridis* الاسم السابق)		
B. nigra (L.) Koch	Black Mustard	١٥- المسترد الأسود
Raphanus sativus L.	Radish	١٦- الفجل
R. sativus var. *longipinnatus*	Winter Radish	١٧- فجل الشتاء
Eruca vesicaria (L.) Cav. *subsp. sativa (*Mill.*)* Thell.	Roquette or Rocket Salad	١٨- الجرجير
Lepidium sativum L.	Garden Cress	١٩- حب الرشاد أو الحارة
Armoracia rusticana Gaertn., Mey., Scherb.	Horse Radish	٢٠- فجل الحصان
(*A lapathifolia* الاسم السابق)		
Barbarea verna (Mill.) Aschers.	Upland Cress	٢١- الكرسون الأرضى
Rorippa nasturtium-aquaticum (L.) Hayck	Water Cress	٢٢- الكرسون المائى
(*Nasturtium officinale* الاسم السابق)		

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
٢٣- السى كيل	Sea Kale	*Crambe maritima* L.
العائلة البقولية Leguminosae (أو Fabaceae)		
١- البسلة	Peas	*Pisum sativum* L.
٢- البسلة التى تؤكل قرونها	Edible-Podded Peas	*P. sativum* var. *macrocarpon*
٣- الفول الرومى	Broad Bean	*Vicia faba* L.
٤- الفاصوليا	Common Bean or Snap Bean	*Phaseolus vulgaris* L.
٥- فاصوليا الليما والسيفا	Lima Bean, Sieva Bean	*P. lunatus* L.
٦- الفاصوليا المدادة	Scarlet Runner	*P. coccineus* L.
٧- فاصوليا منج	Mung Bean	*Viagna radiata*
٨- الفاصوليا السوداء	Black Bean	*Vigna mungo*
٩- فاصوليا اليام	Yam Bean	*Pachyrrhizus erosus* (L.) Urban
١٠- اللوبيا العادية	Cowpeas	*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *unguiculata* (*V. sinensis* الاسم السابق)
١١- اللوبيا الهليونية	Asparagus Bean	*V. sinensis* var. *sesquipedalis* (*V. sesquipedalis* الاسم السابق)
١٢- اللوبيا السودانى	Catjang	*V. sinensis* var. *cylindrica* (*V. cylindrica* الاسم السابق)
١٣- فول الصويا	Soybean	*Glycine max* (L.) Merr.
العائلة الخيمية Umbelliferae (أو Apiaceae)		
١- الجزر	Carrot	*Daucus carota* L. var. *sativa*
٢- الكرفس	Celery	*Apium graveolens* L. var. *dulce* Per.
٣- الكرفس اللفتى (السيليرياك)	Celeriac	*A. graveolens* L. var. *rapaceum* DC.
٤- البقدونس	Parsley	*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym.
٥- البقدونس ذو الجذر اللفتى	Turnip-Rooted Parsley	*P. crispum* (Mill.) Nym. var. *tuberosum*
٦- الشبت	Dill	*Anethum graveolens* L.
٧- الفنيوكيا	Florence Fennel	*Foeniculum vulgare* Mill.

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
Pastinacia sativa L.	Parsnip	٨- الجزر الأبيض
Anthriscus cerefolium	Chervil	٩- السرفيل
		العائلة المركبة Compositae (أو Asteraceae)
Lactuca sativa L.	Lettuce	١- الخس
Cynara cardunculus L. *subsp. scolymus* (L.) Hayek	Globe Artichoke	٢- الخرشوف
Helianthus tuberosus L.	Jerusalem Artichoke (sunchoke)	٣- الطرطوفة
Cichorium endivia L.	Endive	٤- الهندباء
C. intybus L.	Chicory	٥- الشيكوريا
Taraxacum officinalis Weber	Dandelion	٦- الداندليون
Tragopogon porrifolius L.	Salsify	٧- السلسفيل
Scorzonera hispanica L.	Black Salsify	٨- السلسفيل الأسود
Artemisia dracunculus	Tarragon	٩- الطرخون
Cynara cardunculus	Cardoon	١٠- الكردون
		العائلة الرمرامية Chenopodiaceae
Spinacia oleracea L.	Spinach	١- السبانخ
Beta vulgaris L. var. *crassa*	Table Beet	٢- بنجر المائدة
B. vulgaris var. *cicla* L.	Chard	٣- السلق
Atriplex hortensis L.	Mountain Spinach	٤- السبانخ الحجازى
		العائلة العليقية Convolvulaceae
Ipomoea batatas (L.) Poir.	Sweet Potato	١- البطاطا
		العائلة الوردية Rosaceae
Fragaria xananassa	Strawberry	١- الفراولة
		العائلة الخبازية Malvaceae
Abelmoschus esculentus (L.). Moench (*Hibiscus esculentus* الاسم السابق)	Okra	١- البامية
		عائلة الكاسافا Euphorbiaceae
Manihot esculenta	Cassava	١- الكاسافا
		عائلة أذرة السلاطة Valerianaceae
Valerianella locusta	Corn Salad	١- أذرة السلاطة

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
٢- الخبازى	Egyptian Mallow	*Malva parviflora* L.
٣- الروزيل	Roselle	*Hibiscus sabdariffa* L.
العائلة الحماضية Polygonaceae		
١- الحميض	Garden Sorrel	*Rumex acetosa* L.
٢- الحميض الفرنسى	French Sorrel	*R. scutatus* L.
٣- الروبارب	Rhubarb	*Rheum rhabarbarum*
العائلة الرجلية Portulacaceae		
١- الرجلة	Purslane	*Portulaca oleracea* L.
العائلة الزيزفونية Tiliaceae		
١- الملوخية	Jews Mallow	*Corchorus olitorius* L.
عائلة الحى علم (النبات الثلجى) Tetragoniaceae		
١- السبانخ النيوزيلاندى	New Zealand Spinach	*Tetragonia tetragonoides* (Pell.) O. Kuntze (*T. expanse* Murr. الاسم السابق)
عائلة المارتينيا Martyniaceae		
١- المارتينيا	Martynia or Unicorn Plant	*Proboscidea louisiana* (*P. jussieui* الاسم السابق)
عائلة عيش الغراب Agaricaceae		

(عن Smith & Welch ١٩٦٤، و Purseglove ١٩٧٢، و ١٩٧٤، و Terrell & Winters ١٩٧٤، و Lorenz & Maynard ١٩٨٠، و Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

الفطريات

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
١- عيش الغراب	Mushroom	*Agaricus bisporus* (Lange) Sing.
٢- شتّاك	Shittake	*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.
٣- عيش غراب حقول الأرز	Paddy Straw Mushroom	*Volvariella* spp.
٤- عيش الغراب المحارى	Oyster Mushroom	*Pleurotus* spp.

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
٥- الكمأة (أو الكما)	**Truffles**	*Tuber* spp.
٦- أذن الفطر	**Ear Fungus**	*Auricularia* spp.
٧- الفطر الجيلى	**Jelly Fungus**	*Tremella* spp.
٨- عيش غراب الشتاء	**Winter Mushroom**	*Flammulina velutipes* (Fr.) Sing.

(عن San Antonio ١٩٧٥).

الفصل الثالث

دورة الخضر

تعرّف دورة الخضر بأنها: "نظام يتبع لزراعة محاصيل مختلفة بتتابع خاص فى نفس قطعة الأرض خلال فترة زمنية محددة من ٢-٤ سنوات". وتتحدد مدة الدورة حسب مساحة الحقل التى يشغلها المحصول الرئيسى فى الدورة. فإذا شغل ثُلُث الحقل، تكون الدورة ثلاثية، وإذا شغل رُبْع الحقل، تكون الدورة رباعية، وهكذا. كما تسمى الدورة باسم المحصول الرئيسى فيها.

أهمية الدورة

ترجع أهمية الدورة إلى كونها تفيد فى عديد من الأمور كما يلى:

١- تنظيم الوضع الاقتصادى بالمزرعة:

يمكن عن طريق الدورة زراعة عدد من المحاصيل بتناسق معين على مدار السنة؛ الأمر الذى يساعد على توزيع الدخل على فترات أطول، وعلى توزيع المصاريف، وعدم تركيزها خلال فترة واحدة. والأهم من ذلك تجنب الخسائر الفادحة التى يمكن أن تنجم عن زراعة المزرعة كلها بمحصول واحد فى حال تعرض هذا المحصول للتلف لأى سبب كان، أو فى حالة انخفاض أسعاره بشدة بسبب زيادة العرض عن الطلب، وهو الأمر الذى يحدث كثيرًا عندما تتجه نسبة كبيرة من المزارعين نحو زراعة محصول معين كان مُربحًا فى العام السابق.

٢- تنظيم العمالة على مدار العام:

يمكن عن طريق الدورة تجنب زراعة المحاصيل التى تحتاج إلى أيدٍ عاملة كثيرة فى وقت واحد، وبذلك يمكن الاستفادة من الأيدى العاملة المتاحة على مدار العام، وتجنب الاختلافات التى يمكن أن تحدث.

٣- مكافحة الأمراض والحشرات:

يمكن التغلب على كثير من الأمراض - بسهولة - بتجنب زراعة الحقل بالمحصول

أو المحاصيل — التى تصاب بنفس المرض — لمدة ٢-٣ سنوات. وتعتبر تلك المدة كافية للقضاء على معظم مسببات الأمراض فى غياب عائلها. ومن أمثلة ذلك الفطريات المسببة للذبول الفيوزارى فى المحاصيل المختلفة، والفطر المسبب لتثألل الجذور فى الصليبيات. وإلى جانب التأثير الذى يحدثه غياب العائل على المسببات المرضية، فإن بعض الخضروات فى الدورة قد تؤثر على محتوى التربة من مسببات الأمراض من خلال تأثيرها على درجة حموضة التربة، أو على كمية ونوعية المادة العضوية التى تخلفها بها.

وتجدر الإشارة إلى أن الدورة لا تكون فعالة فى مكافحة الآفات فى الحالات التالية:

أ- عندما تكثر عوائل المسبب المرضى: فمثلاً نجد أن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* لا يصيب سوى الطماطم، محدثًا بها مرض الذبول الفيوزارى، ولذلك نجد أن من السهل القضاء على الفطر بتجنب زراعة الطماطم فى الأرض المصابة لمدة ٣ سنوات، بينما نجد أن النيماتودا المسببة لتعقد الجذور من جنس *Meloidogyne* تصيب الآلاف من الأنواع النباتية، ويلزم للقضاء عليها إدخال بعض الأنواع المنيعة فى الدورة، مثل: القمح، والذرة، والشعير.

ب- عندما يستطيع المسبب المرضى أن يعيش فى التربة لمدة طويلة فى غياب العائل. كما هى الحال مع الفطريات المسببة لجرب البطاطس وتفحم البصل.

جـ- عندما لا تعيش مسببات الأمراض فى التربة، كما فى حالة فطريات الأصداء، والبياض الدقيقى.

وتفيد الدورة كذلك فى تقليل الإصابة بالأمراض الفيروسية التى تعيش الفيروسات المسببة لها فى التربة، والتى يمكن أن تنتقل للنبات بطريقة ميكانيكية. فمثلاً فيرس موزايك الطماطم يعيش فى التربة، ويصيب كل النباتات القابلة للإصابة به عندما تُجرح جذورها أو سيقانها أو أوراقها نتيجة احتكاكها بالتربة. ولا يصاب بهذه الطريقة سوى عدد قليل من النباتات، لكن ذلك فيه الكفاية لنشر العدوى إلى النباتات المجاورة، إما

باحتكاكها بها مباشرة، وإما بواسطة العمال أثناء قيامهم بإجراء العمليات الزراعية. ونظرًا لأن فيرس موزيك الطماطم لا يعيش فى التربة إلا فترة قليلة؛ لذا .. فمن المنتظر مقاومته بواسطة الدورة الزراعية (Bawden ١٩٦٤).

كذلك يُقْضى على عديد من الحشرات فى غياب عائلها، وخاصة تلك التى لا تنتقل بالسرعة الكافية من حقل لآخر بحثًا عن عوائلها. ومعظم الحشرات تتساوى معها الدورة القصيرة والطويلة، نظرًا لأنها لا تعيش لفترة طويلة فى غياب عوائلها. ومن الطبيعى أن الدورة لا تفيد إلا مع الحشرات المتخصصة على محاصيل معينة، نظرًا لأنها لا تجد عائلها فى الحقول المجاورة.

٤- المحافظة على خصوبة التربة:

يمكن المحافظة على خصوبة التربة باتباع دورة زراعية ملائمة يراعى فيها ما يلى:

١- تبادل زراعة الخضر المجهدة مع الخضر غير المجهدة للتربة: ويمكن تقسيم الخضر من حيث درجة إجهادها للتربة إلى ثلاث مجموعات؛ هى:

(١) **خضر مجهدة للتربة، ومنها: الطماطم** — الفلفل — الباذنجان — البطاطس — الكرنب — القنبيط — كرنب بروكسل — البطاطا — البامية — الجزر — القلقاس — الخرشوف — الطرطوفة — القرع العسلى.

(٢) خضر متوسطة فى إجهادها للتربة، ومنها: قرع الكوسة — الخيار — الشمام — القثاء — البطيخ — كرنب أبو ركبة — اللفت — الفجل — المسترد — البصل — الثوم — الكرات — السبانخ — البنجر — السلق — البقدونس — الكرفس — الفراولة.

(٣) خضر غير مجهدة للتربة، وتشمل: الخضر البقولية التى تفيد التربة، نظرًا لأن آزوت الهواء الجوى يثبت بجذورها بواسطة بكتيريا العقد الجذرية.

ويجب — بصورة عامة — تلافى تعاقب زراعة المحاصيل المجهدة للأرض فى الدورة، بل يجب أن تأتى المحاصيل المجهدة بعد البقوليات. وكذلك يجب تجنب تعاقب زراعة المحاصيل ذات الاحتياجات العالية من عنصر معين فى الدورة. فمن المعروف مثلا أن الطماطم والباذنجان من الخضر ذات الاحتياجات العالية من

الأزوت، بينما تعد البطاطس والبطاطا من الخضر ذات الاحتياجات العالية من البوتاسيوم. وللتعرف على كميات عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم التى تمتصها محاصيل الخضر المختلفة من التربة يُراجع حسن (٢٠١٥ب)..

ب- تبادل زراعة الخضر التي تتفاوت فى كمية المادة العضوية التى تخلفها فى التربة:

تختلف الخضروات كثيرًا فى كمية المادة العضوية التى تخلفها فى التربة، نتيجة اختلافها فى كمية النمو الخضرى، وفى طبيعة الجزء المُزال من الحقل عند الحصاد. فمثلا .. تزال كل النموات الخضرية تقريبًا من حقول الكرنب والقنبيط والخس، باستثناء بعض الأوراق الخارجية المغلفة، بينما لا يحصد سوى الكيزان فقط فى الذرة السكرية والثمار فقط فى القرعيات، وتتبقى كل النموات الخضرية لتزيد من المادة العضوية فى التربة.

وتختلف الخضروات أيضًا فى نسبة الكربون إلى النيتروجين فى المادة العضوية التى تقلب فى التربة. ففى البقوليات تكون هذه النسبة منخفضة وتؤدى إلى زيادة آزوت التربة، بينما تكون النسبة مرتفعة فى محاصيل أخرى. وقد يحدث نقص واضح فى الآزوت بعد فترة قصيرة من قلب هذه المحاصيل فى التربة.

جـ- تبادل زراعة الخضروات العميقة الجذور مع السطحية الجذور.

من مزايا زراعة الخضروات العميقة الجذور مع الخضروات السطحية الجذور ما يلى:

(١) تستطيع الخضر المتعمقة الجذور امتصاص العناصر الغذائية من الطبقات العميقة من التربة؛ لتودعها فى الطبقة السطحية عند قلب بقايا هذه النباتات.

(٢) عدم تعاقب زراعة الخضر السطحية الجذور؛ ومن ثم تجنب استنفاذ مخزون هذه الطبقة السطحية من العناصر.

(٣) تنتشر وتتعمق جذور الخضر ذات المجموع الجذرى المتعمق فى التربة، وعند

موت هذه النباتات تتحلل جذورها وتترك مكانها أنفاقًا متشعبة فى التربة، مما يزيد من مساميتها وتهويتها.

(٤) تستطيع الخضر المتعمقة الجذور امتصاص الرطوبة الأرضية من الطبقات العميقة؛ ومن ثم لا تُستنفذ الرطوبة من الطبقات السطحية، وهو الأمر الذى يحدث عند تكرار زراعة الخضر السطحية الجذور. ويعد ذلك من الأمور الهامة فى المناطق التى تعتمد على مياه الأمطار فى الرى.

(٥) وجد أن تبادل زراعة محاصيل الخضر المتعمقة الجذور مع الخضر السطحية الجذور فى الدورة تزيد من كفاءة استخدام النيتروجين نظرًا لأن المتعمقة الجذور يمكنها الاستفادة من النيتروجين المتسرب عميقًا فى التربة (Thorup-Kristensen ٢٠٠٢).

وتقسم الخضر حسب درجة تعمق جذورها فى التربة – فى حالة عدم وجود موانع أمام نمو الجذور – إلى ثلاثة أقسام كما يلى:

(١) خضر تمتد جذورها إلى عمق ٤٥–٦٠ سم، ومنها: البروكولى – كرنب بروكسل – الكرنب – القنبيط – الكرفس – الكرنب الصينى – الذرة السكرية – الهندباء – الثوم – الكرات أبو شوشة – الخس – البصل – البقدونس – البطاطس – الفجل – السبانخ.

(٢) خضر تمتد جذورها إلى عمق ٩٠–١٢٠ سم، ومنها: الفاصوليا – البنجر – الجزر – السلق السويسرى – الخيار – الباذنجان – القاوون – المسترد – البسلة – الفلفل – الروتاباجا – قرع الكوسة – اللفت.

(٣) خضر تمتد جذورها إلى أكثر من ١٢٠ سم، ومنها: الخرشوف – الأسبرجس – فاصوليا الليما – الجزر الأبيض – القرع العسلى – قرع الشتاء – البطاطا – الطماطم – البطيخ.

تصميم دورات الخضر

توجد أمور تجب مراعاتها عند تصميم دورات الخضر، نوجزها فيما يلى:

١– مدة بقاء المحصول فى الحقل من الزراعة حتى الحصاد:

من الطبيعى أنه لا يمكن تصميم دورة الخضر دون علم سابق بمدة بقاء المحصول فى الحقل من الزراعة حتى الحصاد، حتى يمكن الحكم على إمكانية زراعة ونمو وحصاد المحصول خلال الفترة المخصصة له فى الدورة. ويوضح جدول (٣-١) عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد تحت الظروف المناسبة للنمو بالنسبة للأصناف المبكرة والمتوسطة والمتأخرة النضج من محاصيل الخضر المختلفة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

جدول (٣-١): عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الأصناف المبكرة والمتوسطة والمتأخرة النضج من محاصيل الخضر المختلفة تحت الظروف المناسبة للنمو.

المحصول	عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الأصناف		
	المبكرة	المتوسطة	المتأخرة
الفول الرومى	—	١٢٠	—
الفاصوليا : القصيرة	٤٦	—	٦٥
المدادة	٥٦	—	٧٢
البنجر	٥٠	—	٨٠
البروكولى[أ]	٧٠		١٥٠
كرنب بروكسل[ب]	٩٠	—	١٠٠
الكرنب[ب]	٦٢	—	١١٠
الكاردون	—	١٢٠	—
الجزر	٦٠	—	٨٥
القنبيط: Snow Ball[ب]	٥٥	—	٦٥
Winter type[ب]	١٢٠	—	١٨٠
السيليرياك	—	١١٠	—
الكرفس الأخضر[ب]	٩٨	—	١٣٠
الكرفس الأصفر[ب]	٨٢	—	٩٠
السلق السويسرى	٥٠	—	٦٠
السرفيل	—	٦٠	—
الشيكوريا	٦٥	—	١٥٠

تابع جدول (٣-١).

المحصول	عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الأصناف		
	المبكرة	المتوسطة	المتأخرة
الكرنب الصينى	٧٠	—	٨٠
الشيف	—	٩٠	—
الكولارد	—	٧٥	—
فاصوليا الليما: القصيرة	٦٥	—	٧٨
المدادة	٨٠	—	٩٥
الذرة السكرية	٧٠	—	١٠٠
أذرة السلاطة	—	٦٠	—
الكرسون (حب الرشاد)	—	٤٥	—
الخيار	٦٠	—	٧٠
الداندليون	—	٩٥	—
الباذنجان	٧٠	—	٨٥
الهندباء	٨٠	—	١٠٠
الفينوكيا	—	١١٠	—
الكيل	٦٠	—	٩٠
كرنب أبو ركبة	٥٥	—	٦٥
الكرات أبو شوشة	—	١٥٠	—
الخس: الرومين Cos type	—	٧٠	—
الرؤوس Head type	٦٠	—	٨٥
الورقى Leaf type	٤٠	—	٥٠
القاوون: الكاسابا Casaba	—	١٢٠	—
شهد العسل Honey Dew	—	١١٥	—
الفارسى Persian	—	١١٥	—
الشبكى Musk,elon	٨٣	—	٩٠
المسترد	٤٠	—	٦٠
السبانخ النيوزيلاندى	—	٧٠	—
البامية	٥٠	—	٦٠
البصل	٨٥	—	١٢٠

تابع جدول (٣-١).

المحصول	عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الأصناف		
	المبكرة	المتوسطة	المتأخرة
البقدونس: العادى	٧٠	—	٨٥
هامبورج	—	٩٠	—
الجزر الأبيض	١٠٠	—	١٣٠
البسلة	٥٨	—	٧٧
الفلفل الحريف(ب)	٧٠	—	٩٥
الفلفل الحلو(ب)	٦٠	—	٨٠
البطاطس	٩٠	—	١٢٠
القرع العسلى	١١٠	—	١٢٠
الفجل: العادى Common	٢٢	—	٤٠
ذو الحولين Winter type	٥٠	—	٦٠
الروزيل	—	١٧٥	—
الروتاباجا	—	٩٠	٠٠
السلسفيل	—	١٥٠	—
الحميض	—	٦٠	—
اللوبيا	٦٢	—	٨٠
السبانخ	٤٠	—	٥٠
قرع الكوسة: قصيرة	٥٠	—	٦٨
مدادة	٨٠	—	١٢٠
البطاطا(ج)	١٢٠	—	١٥٠
الطماطم(ب)	٦٥	—	١٠٠
اللفت	٤٠	—	٧٥
الكرسون المائى	—	١٨٠	—
البطيخ	٧٥	—	٩٥

(أ) الزراعة فى الحقل مباشرة، والمدة المبينة هىمن زراعة البذرة حتى الحصاد.

(ب) الزراعة شتلاً والمدة المبينة هى من الشتل حتى الحصاد.

(ج) قد يمكن الحصاد مبكرًا عن ذلك تحت الظروف المناسبة للنمو بسببوصول بعض الجذور إلى حجم مناسب بصورة مبكرة.

٢- المواعيد المناسبة للزراعة:

من البديهى أن معرفة المواعيد المناسبة لزراعة كل محصول تعد من الأمور الأساسية التى يجب أخذها فى الحسبان عند تصميم الدورة.

٣- مراعاة كافة العوامل التى سبق شرحها تحت موضوع أهمية الدورة؛ وهى:

أ- الجانب الاقتصادى بتنويع إيراد المزرعة ومصروفاتها على عدد كبير من المحاصيل.

ب- توزيع العمالة على مدار العام.

جـ- عدم تعاقب زراعة المحاصيل التى تصاب بنفس الآفات فى نفس قطعة الأرض.

د- المحافظة على خصوبة التربة عن طريق:

(١) تبادل زراعة المحاصيل المجهدة للتربة مع المحاصيل الأقل إجهادًا للتربة.

(٢) تبادل زراعة الخضر التى تتفاوت فى كمية المادة العضوية التى تخلفها فى التربة.

(٣) تبادل زراعة الخضر العميقة الجذور مع الخضر السطحية الجذور.

نماذج لدورات الخضر

يتضح مما تقدم أن تصميم دورات الخضر ليس بالأمر السهل؛ نظرًا لكثرة العوامل التى يجب أخذها فى الحسبان، كما أن ما يصلح من الدورات لمنطقة ما قد لا يصلح لمناطق أخرى؛ نظرًا لاختلاف مواعيد الزراعة واختلاف المحاصيل التى تدخل فى الدورة فى أهميتها. وفيما يلى نماذج لبعض دورات الخضر التى يمكن إحداث بعض التغييرات فيها لتتواءم مع احتياجات المزارع وظروف المنطقة:

١- نموذج لدورة ثنائية:

يمكن تصميم دورة ثنائية تُتبادل فيها المحاصيل المجهدة للتربة مع المحاصيل نصف المجهدة وغير المجهدة، كما فى جدول (٣-٢).

وفيها تزرع المحاصيل نصف المجهدة والبقولية فى نصف الأرض والمجهدة فى

النصف الآخر فى أول سنة. وفى السنة التالية أو الموسم الثانى تزرع المحاصيل نصف المجهدة مكان المحاصيل المجهدة التى أعطيت سمادًا بلديًّا بوفرة. وتحل البقول محل المحاصيل الأكثر إجهادًا.

جدول (٣-٢): نموذج لدورة ثنائية.

أقسام الأرض	السنة الأولى	السنة الثانية
قسم ١	**محاصيل مجهدة**	**محاصيل نصف مجهدة** **محاصيل غير مجهدة**
قسم ٢	**محاصيل نصف مجهدة** **محاصيل غير مجهدة**	**محاصيل مجهدة**

٢- نموذج لدورة ثلاثية:

يمكن تصميم دورة ثلاثية، كما فى جدول (٣-٣)، وفيها تستفيد المحاصيل نصف المجهدة من الأسمدة العضوية التى أُعطيت للمجهدة بوفرة، ولم تفن بعد، وبعدها تأتى البقول.

جدول (٣-٣): نموذج لدورة ثلاثية.

الأقسام	الأرض فى السنة الأولى	الأرض فى السنة الثانية	الأرض فى السنة الثالثة
قسم (١)	**محاصيل مجهدة** **((مع تسميد وافر)**	**نصف مجهدة**	**بقول**
قسم (٢)	**محاصيل نصف مجهدة** **((مع تسميد خفيف)**	**بقول**	**مجهدة**
قسم (٣)	**بقول** **((مع تسميد خفيف)**	**مجهدة**	**نصف مجهدة**

٣- نموذج لدورة رباعية:

يمكن تصميم دورة رباعية تقسم فيها الخضروات إلى أربع مجموعات؛ هى: البقول (وتشمل الفول والبسلة واللوبيا والفاصوليا)، والخضر الجذرية (وتشمل الجزر واللفت

والفجل والبنجر)، والخضر الورقية والثمرية (مثل: الكرنب والقنبيط والباذنجان والطماطم والخرشوف والكرفس)، والخضر الدرنية (مثل: البطاطس والبطاطا والقلقاس والطرطوفة). ويراعى ألا تتعاقب زراعة خضروات العائلة الواحدة فى نفس قطعة الأرض؛ فالكرنب — مثلاً — يجب ألا يتلو اللفت، وإنما يتلو الجزر أو البنجر، وهكذا .. كما فى جدول (٣-٤).

جدول (٣-٤): نموذج لدورة رباعية.

السنة	قسم (١)	قسم (٢)	قسم (٣)	قسم (٤)
الأولى	بقول	جذرية	ورقية وثمرية	درنية
الثانية	جذرية	ورقية وثمرية	درنية	بقول
الثالثة	ورقية وثمرية	درنية	بقول	جذرية
الرابعة	درنية	بقول	جذرية	ورقية وثمرية

وإذا أريد إدخال البرسيم فى أى من الدورات السابقة — وهو الأمر المرغوب فيه والمفضل غالبًا — فإنه يزرع مع البقول بالتناوب مع الخضروات الأخرى. أى إنه يعامل معاملة الخضر البقولية. وحبذا لو أُخذت منه حشة أو حشتان، ثم حرث فى الأرض، خاصة فى الأراضى الحديثة الاستصلاح.

التحميل

يقصد بالتحميل Intercropping (أو Companion Cropping) زراعة محصول أو أكثر فى وقت واحدٍ فى أرضٍ واحدة؛ مثل زراعة الكرنب والخس والفجل معًا؛ حيث ينضج الفجل ويحصد أولاً، ويليه الخس، وكلاهما ينتهى قبل أن يبدأ الكرنب فى شغل كل حيز الزراعة. ومثل زراعة البصل مع القطن؛ حيث ينضج البصل ويحصد قبل أن تكبر وتتشابك أفرع نباتات القطن. ويتبع التحميل فى الأراضى الخصبة المرتفعة الثمن.

ومما يساعد على نجاح الزراعة بطريقة التحميل: توفر الأيدى العاملة، وتوفر مياه الرى.

وعند الزراعة بطريقة التحميل يجب أن تؤخذ العوامل التالية فى الحسبان:

١- موعد زراعة كل محصول.

٢- طبيعة نمو كل محصول، والمساحة التى يشغلها فى مراحل نموه المختلفة لتجنب مزاحمته للنباتات المجاورة، خاصة خلال مراحل النمو الحرجة.

٣- الوقت اللازم لنضج كل محصول.

ومن أهم مزايا التحميل ما يلى:

١-التوفير فى مساحة الأرض.

٢-التوفير فى عمليات الحرث وتجهيز الأرض.

٣-الاستفادة التامة من الأسمدة المضافة.

٤-زيادة العائد من وحدة المساحة.

لكن يعيب التحميل ما يلى:

١-زيادة تكاليف العمالة؛ نظرًا لصعوبةاستعمال الآلات الزراعية الكبيرة.

٢-زيادة الحاجة إلى التسميد والرى.

٣-صعوبة مكافحة الآفات (Thompson & Kelly ١٩٥٧).

وبصورة عامة .. لا يُعد نظام التحميل مناسبًا أو اقتصاديًّا فى الزراعات الحديثة، ومع ذلك فيمكن لمن يرغب الإطلاع على تفاصيل هذا الموضوع وعلى الأساس العلمى للزراعة التقليدية فى Inns (١٩٩٧).

الفصل الرابع

العوامل الجوية وملوثات الهواء وتأثيرها على محاصيل الخضر

يتأثر نمو وتطور محاصيل الخضر بمختلف العوامل الجوية من درجة حرارة، وشدة إضاءة، وفترة ضوئية، ورطوبة نسبية، ورياح، بالإضافة إلى مكونات الهواء — وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون — وأطوال الموجات الضوئية.

ومن مجموع العوامل البيئية السائدة فى منطقة ما يتشكل ما يعرف بالمناخ الخاص بتلك المنطقة.

المناخ والعوامل المؤثرة فيه

تقسم الكرة الأرضية إلى أربع مناطق مناخية كالتالى:

١- المنطقة الاستوائية Tropical Zone: وتقع بين خط الاستواء، وخط عرض ٢٠° شمالاً أو جنوبًا.

٢- المنطقة شبه الاستوائية Subtropical Zone: وتقع بين خطى عرض ٢٠°، و ٣٠° شمالاً أو جنوبًا.

٣- المنطقة المعتدلة Warm Zone: وتقع بين خطى عرض ٣٠°، و ٤٠° شمالاً أو جنوبًا.

٤- المنطقة الباردة Cool Zone: وتقع بين خطى عرض ٤٠°، و ٦٠° شمالاً أو جنوبًا.

ويؤثر خط العرض على كل من درجة الحرارة السائدة، وطول موسم النمو الخالى من الصقيع، وطول فترة الإضاءة، وشدة الإضاءة.

ويتأثر المناخ فى منطقة ما بالعوامل الآتية:

١- معدل تساقط الأمطار وتوزيعها على مدار العام.

٢- منسوب الأرض؛ أى درجة ارتفاعها أو انخفاضها عن مستوى سطح البحر؛ فتنخفض درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة مع كل ١٥٠ مترًا ارتفاعًا فى منسوب الأرض. ويؤثر ذلك فى كل من درجة الحرارة السائدة، وطول موسم النمو.

٣- اتجاه المنحدرات الجبلية .. فتكون درجة الحرارة أقل، وشدة الإضاءة أقل، والأمطار أكثر فى المنحدرات المواجهة للرياح منها فى المنحدرات التى لا تواجه الرياح.

٤- تأثير التيارات البحرية .. فتعمل بعض التيارات البحرية على تدفئة الهواء شتاءً، وتجعله أبرد قليلاً صيفًا؛ مما يسمح بزراعة محاصيل معينة فى مناطق مختلفة من العالم.

٥- تأثير المحيطات والبحيرات .. فالماء له القدرة على اكتساب الحرارة من الهواء. فعندما يكون الهواء دافئًا، فإنه يعمل على تبريده، كما أن له القدرة على فقد الحرارة إلى الهواء. فعندما يكون الهواء باردًا، فإنه يعمل على تدفئته؛ مما يجعل المناطق المجاورة للتجمعات المائية الكبيرة ذات حرارة معتدلة؛ وبذلك تكون مناسبة لزراعة محاصيل معينة.

٦- التيارات الهوائية.

تأثير درجة الحرارة على محاصيل الخضر

تكون درجة حرارة النباتات — بصورة عامة — مماثلة لدرجة حرارة الوسط المحيط بها، أو قريبة منه؛ ولذا .. فإن النباتات توصف بأنها "Poikilotherms".

المجال الحرارى للنمو وأهميته

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل الجوية المؤثرة على نمو وتطور محاصيل الخضر، بداية من زراعة الذرة، حتى نضج الأعضاء النباتية. وتختلف درجة الحرارة المناسبة باختلاف المحصول، وباختلاف مرحلة النمو، فلكل مرحلة:

١- درجة حرارية صغرى Minimum Temperature: وهى أقل درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو. وإذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك؛ فإن النمو يتوقف، لكن

النبات لا يموت إلا إذا وصلت درجة الحرارة إلى الدرجة الدنيا المميتة Minimum Lethal Temperature.

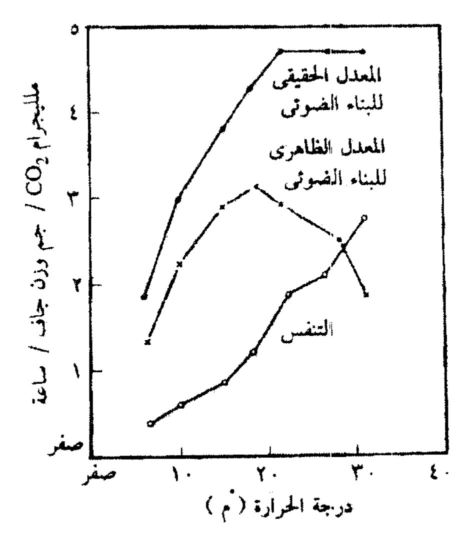
٢- درجة حرارة مثلى Optimum Temperature: وهى درجة الحرارة التى يحدث عندها أقصى نمو.

٣- درجة حرارة عظمى Maximum Temperature: وهى أعلى درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو. فإذا ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك، فإن النمو يتوقف، لكن النبات لا يموت إلا إذا وصلت درجة الحرارة إلى الدرجة العظمى المميتة Maximum Lethal Temperature.

ويحدث النمو النباتى فيما بين الدرجتين الصغرى والعظمى لكل مرحلة من مراحل النمو.

وبرغم أن النمو النباتى يحدث فى غالبية النباتات فى درجات الحرارة المرتفعة نسبيًّا، إلا أن الإنتاج الاقتصادى الأمثل لمحاصيل الخضر يستلزم توفر درجات حرارة خاصة لكل محصول فى كل مرحلة من مراحل النمو. فبينما يعطى الجزر والسبانخ محصولاً اقتصاديًّا فى الجو البارد المعتدل، فإن البطيخ والخيار لا يمكنهما النمو والإثمار إلا فى الجو الدافئ.

هذا .. وتجدر الإشارة إلى أن معدل البناء الضوئى يكون أعلى ما يمكن، بينما يكون معدل التنفس عاديًّا فى درجة الحرارة المثلى، وبذلك تتوفر أعلى نسبة من الغذاء المجهز للنمو. وبانخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يقل معدل البناء الضوئى بدرجة أكبر من انخفاض معدل التنفس، وبذلك يقل الفائض فى كمية الغذاء المجهز اللازم للنمو إلى أن يتوقف النمو عند درجة الحرارة الصغرى. وبارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يزيد معدل التنفس بدرجة أكبر من الزيادة فى معدل البناء الضوئى؛ وبذلك يقل أيضًا الفائض فى كمية الغذاء المجهز اللازم للنمو (شكل ٤-١)، إلى أن يتوقف النمو عند درجة الحرارة العظمى. ونجد أن سرعة النمو تتضاعف مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة مقداره ١٠ درجات مئوية فيما بين الدرجة الصغرى والدرجة المثلى.



شكل (٤-١): تأثير درجة الحرارة على التنفس والبناء الضوئى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

ويفيد انخفاض درجة الحرارة ليلاً فى تقليل فقد الغذاء المجهز بالتنفس، إلا أن انخفاضها عن الدرجة الصغرى يقلل من معدل تمثيل البروتين فى الخلايا الجديدة؛ ومن ثم يقلل من معدل النمو. ويطلق على ظاهرة انخفاض درجة الحرارة ليلاً وارتفاعها نهارًا اسم Termoperiodicity.

وباستمرار انخفاض درجة الحرارة إلى درجة التجمد، فإن الماء يتجمد فى خلايا النبات، وبذلك يفقد خصائصه الهامة كوسط لكل التفاعلات الحيوية فى النبات.

ومع ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة العظمى واقترابها من الدرجة العظمى المميتة، تحدث تغيرات لا عودة فيها فى التركيب الجزيئى للإنزيمات والبروتينات الأخرى؛ فيفقد النبات بذلك إنزيماته التى هى أساس جميع التفاعلات الحيوية. ومن أبرز أضرار الحرارة المرتفعة حالة لسعة أو سمطة الشمس sunscald، والتى تشاهد فى عديد من الخضر عند تعرض الأنسجة النباتية الغضة لأشعة الشمس القوية، وارتفاع درجة حرارتها بسبب امتصاصها للطاقة الساقطة عليها (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

معدلات درجات الحرارة فى مصر

يبين جدول (٤-١) المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط العام فى المناطق المختلفة بمصر.

جدول (٤-١): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة فى مصر (°م).

المنطقة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
					متوسط النهايات الصغرى لدرجة الحرارة							
الساحلية	١٠	١٠	١٠	١٤	١٧	٢٠	٢٢	٢٣	٢٢	٢٠	١٦	١١
الدلتا	٥	٦	٨	١١	١٤	١٧	١٩	١٩	١٧	١٥	١٢	٧
مصر الوسطى	٦	٧	١٠	١٣	١٦	١٩	٢٠	٢١	١٩	١٧	١٣	٨
مصر العليا	٧	٨	١١	١٦	١٩	٢٢	٢٠	٢٣	٢٢	١٩	١٣	٨
(أ)					المتوسط العام الشهرى لدرجة الحرارة							
الساحلية	١٣	١٤	١٥	١٨	٢١	٢٣	٢٥	٢٦	٢٥	٢٣	١٩	١٥
الدلتا	١١	١٢	١٥	١٨	٢٢	٢٥	٢٦	٢٦	٢٤	٢١	١٧	١٣
مصر الوسطى	١١	١٣	١٦	٢٠	٢٣	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٢	١٨	١٣
مصر العليا	١٣	١٥	١٩	٢٤	٢٨	٣١	٣١	٣١	٢٩	٢٥	٢٠	١٥
					متوسط النهايات العظمى لدرجة الحرارة							
الساحلية	١٨	١٩	٢١	٢٣	٢٦	٢٨	٣٠	٣٠	٢٦	٢٨	٢٤	٢٠
الدلتا	١٩	٢٠	٢٤	٢٧	٣٢	٣٥	٣٥	٣٥	٣٢	٢٩	٢٥	٢٦
مصر الوسطى	١٩	٢١	٢٤	٢٩	٣٢	٣٥	٣٦	٣٥	٣٢	٣٠	٢٥	٣٠
مصر العليا	٢٢	٢٥	٢٩	٣٤	٣٨	٤٠	٤٠	٣٩	٣٧	٣٤	٢٩	٢٤

تأثير درجات الحرارة على إنبات بذور الخضر

لكل محصول من الخضر احتياجاته الحرارية الخاصة لإنبات البذور. ويوضح جدول (٤-٢) درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمناسبة لإنبات بذور محاصيل الخضر المختلفة. كما يبين جدول (٤-٣) تأثير درجة الحرارة على سرعة إنبات البذور.

وتفيد دراسة ذلك في المجالات التالية:

١- تحديد المواعيد المناسبة لزراعة البذور.

٢- التخطيط لتحديد مواعيد الزراعات المتتابعة؛ لكي لا تؤدى زراعة كل المساحة في وقت واحد إلى إجراء الحصاد في وقت واحد، وما ينتج عن ذلك من مشاكل في العمالة والتسويق.

٣- التخطيط لاستعمال مبيدات الحشائش السابقة للإنبات Pre-emergence herbicides بكفاءة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

وتجدر الإشارة إلى أن لظاهرة انخفاض درجة الحرارة ليلاً وارتفاعها نهارًا أهمية كبيرة في إنبات بذور عديد من الأنواع النباتية. وحتى تكون هذه الظاهرة مؤثرة، يجب ألا يقل الفرق بين درجتي حرارة الليل والنهار عن ١٠ درجات مئوية (Hartmann & Kester ١٩٧٥).

جدول (٤-٢): درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمناسبة لإنبات بذور الخضر (°م)[أ].

محصول الخضر	الدرجة الصغرى	المجال المناسب	الدرجة المثلى	الدرجة العظمى
الهليون	١٠	١٥-٢٩	٢٤	٣٥
الفاصوليا	١٥	١٥-٢٩	٢٧	٣٥
فاصوليا الليما	١٥	١٨-٢٩	٢٩	٢٩
البنجر	٤	١٠-٢٩	٢٩	٣٥
الكرنب	٤	٧-٣٥	٢٩	٣٨
الجزر	٤	٧-٢٩	٢٧	٣٥
القنبيط	٤	٧-٢٩	٢٧	٣٨
الكرفس	٤	١٥-٢١	٢١	٢٩
السلق	٤	١٠-٢٩	٢٩	٣٥
الذرة السكرية	١٠	١٥-٣٥	٣٥	٤٠
الخيار	١٥	١٥-٣٥	٣٥	٤٠
الباذنجان	١٥	٢٤-٣٢	٢٩	٣٥

تابع جدول (٤-٢).

محصول الخضر	الدرجة الصغرى	المجال المناسب	الدرجة المثلى	الدرجة العظمى
الخس	٢	٤-٢٧	٢٤	٢٩
القاوون	١٥	٢٤-٣٥	٣٢	٣٨
البامية	١٥	٢١-٣٥	٣٥	٤٠
البصل	٢	١٠-٣٥	٢٤	٣٥
البقدونس	٤	١٠-٢٩	٢٤	٣٢
الجزر الأبيض	٢	١٠-٢١	١٨	٢٩
البسلة	٤	٤-٢٤	٢٤	٢٩
الفلفل	١٥	١٨-٣٥	٢٩	٣٥
القرع العسلى	١٥	٢١-٣٢	٣٥	٣٨
الفجل	٤	٧-٣٢	٢٩	٣٥
السبانخ	٢	٧-٢٤	٢١	٢٩
الكوسة	١٥	٢١-٣٥	٣٥	٣٨
الطماطم	١٠	١٥-٢٩	٢٩	٣٥
اللفت	٤	١٥-٤٠	٢٩	٤٠
البطيخ	١٥	٢١-٣٥	٣٥	٤٠

(أ) من الضرورى انخفاض درجة الحرارة ليلاً إلى ١٥°م أو أقل.

جدول (٤-٣) درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمناسبة لإنبات بذور الخضر (°م).

محصول الخضر	درجة حرارة التربة (°م)								
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
الأسبرجس	×(ب)	×	٥٣	٢٤	١٥	١٠	١٢	٢٠	٢٨
فاصوليا الليما	—(ج)	—	×	٣١	١٨	٧	٧	×	—
الفاصوليا	×	×	×	١٦	١١	٨	٦	٦	×
البنجر	—	٤٢	١٧	١٠	٦	٥	٥	٥	—
الكرنب	—	—	١٥	٩	٦	٥	٤	—	—
الجزر	×	٥١	١٧	١٠	٧	٦	٦	٩	×

تابع جدول (٤-٣).

محصول الخضر	درجة حرارة التربة (°م)								
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
القنبيط	—	—	٢٠	١٠	٦	٥	٥	—	—
الكرفس	×	٤١	١٦	١٢	٧	×	×	×	—
الذرة السكرية	×	×	٢٢	١٢	٧	٤	٤	٣	×
الخيار	×	×	×	١٣	٦	٤	٣	٣	—
الباذنجان	—	—	—	—	١٣	٨	٥	—	—
الخس	٤٩	١٥	٧	٤	٣	٢	٣	×	×
القاوون	—	—	—	—	٨	٤	٣	—	—
البامية	×	×	×	٢٧	١٧	١٣	٧	٦	٧
البصل	١٣٦	٣١	١٣	٧	٥	٤	٤	١٣	×
البقدونس	—	—	٢٩	١٧	١٤	١٣	١٢	—	—
الجزر الأبيض	١٧٢	٥٧	٢٧	١٩	١٤	١٥	٣٢	×	×
البسلة	—	٣٦	١٤	٩	٨	٦	٦	—	—
الفلفل	×	×	×	٢٥	١٣	٨	٨	٩	×
الفجل	×	٢٩	١١	٦	٤	٤	٣	—	—
السبانخ	٦٣	٢٣	١٢	٧	٦	٥	٦	×	×
الطماطم	×	×	٤٣	١٤	٨	٦	٦	٩	×
اللفت	×	×	٥	٣	٢	١	١	١	٣
البطيخ	—	×	—	—	١٢	٥	٤	٣	—

(أ) الزراعة على عمق ٢,٥ سم.

(ب) لم يحدث إنبات.

(جـ) لم تختبر.

درجات الحرارة المناسبة لنمو نباتات الخضر

سبقت دراسة درجات الحرارة المناسبة لنمو نباتات الخضر تحت موضوع التقسيم الحرارى للخضر فى الفصل الثانى. وقد أوردنا درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمجال الحرارى الملائم لكل محصول فى جدول (٢-٢).

وقد أوضح Markov (عن بوراس ١٩٨٥) — بطريقة مبسطة — كيفية تحديد درجتي الحرارة الصغرى والعظمى، مع الأخذ فى الحسبان أن درجة الحرارة المثلى تختلف فى الجو الصحو عنها فى الجو الملبد بالغيوم، كما تختلف نهارًا عنها ليلاً؛ وذلك على النحو التالى:

إذا كانت درجة الحرارة المثلى نهارًا فى الجو الملبد بالغيوم = س °م.

فإن: درجة الحرارة المثلى نهارًا فى الجو الصحو = س + ٧ °م.

ودرجة الحرارة المثلى ليلاً = س — ٧ °م.

ودرجة الحرارة الدنيا = س — ١٤ °م.

ودرجة الحرارة العظمى = س + ١٤ °م.

وتجدر الإشارة إلى أن قيمة "س" تختلف من محصولا لآخر، ولا تكون محددة تمامًا وإنما فى مجال معين (حوالى ٤ درجات مئوية)، كما أنها تختلف باختلاف مرحلة النمو.

وبذا .. إذا قدرت درجة الحرارة المثلى نهارًا فى الجو الملبد بالغيوم لمحصول الخيار بنحو ٢٥ °م .. فإن درجة الحرارة المثلى نهارًا فى الجو الصحو تكون ٣٢ °م، ودرجة الحرارة المثلى ليلاً ١٨ °م، ودرجة الحرارة الدنيا ١١ °م، ودرجة الحرارة العظمى ٣٩ °م.

وبناء على ما تقدم .. فقد حُدِّدت الحرارة المثلى لمختلف محاصيل الخضر على النحو المبين فى جدول (٤-٤).

ولقد وجد أن خصائص جودة ثمار الطماطم ترتبط أكثر بالحرارة المتراكمة عن ارتباطها بالأشعة النشطة فى البناء الضوئى المتراكمة خلال الـ ٤٥ يومًا السابقة للحصاد؛ فقد وجد أن الحرارة المتراكمة ترتبط بقوة مع كل من الصلابة ومحتوى المواد الصلبة الذائبة، ومحتوى المركبات الفينولية، وترتبط ارتباطًا ضعيفًا مع كل من الـ pH، والوزن الجاف، والحموضة المعايرة ومحتوى فيتامين C. أما الأشعة النشطة فى البناء الضوئى المتراكمة فقد ارتبطت ارتباطًا ضعيفًا مع الصلابة، والوزن الجاف، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة والفينولات الكلية. ويعنى ذلك أن للحرارة المتراكمةقبل الحصاد بخمسة وأربعين يومًا

تأثير أكبر على صفات جودة ثمار الطماطم عن تأثير الأشعة النشطة فى البناء الضوئى المتراكمة (Riga وآخرون ٢٠٠٨).

جدول (٤-٤): درجات الحرارة المثلى ليلاً ونهارًا فى كل من الجو الصحو والجو الملبد بالغيوم، وكذلك درجات الحرارة الصغرى والعظمى لمختلف محاصيل الخضر (° م).

محصول الخضر	الحرارة المثلى			الحرارة الصغرى	الحرارة العظمى
	ليلاً	نهارًا فى الجو الغائم	نهارًا فى الجو الصحو		
الفجل — الخس — البقدونس	٣-٦	١٠-١٣	١٧-٢٠	-٤ إلى -١	٢٤-٢٧
الشيكوريا — السبانخ	٦-٩	١٣-١٦	٢٠-٢٣	-١ إلى ٢	٢٧-٣٠
البصل — الكرفس	٩-١٢	١٦-١٩	٢٣-٢٦	٢-٥	٣٠-٣٣
الطماطم — الكوسة — الفاصوليا	١٢-١٥	١٩-٢٢	٢٦-٢٩	٥-٨	٣٣-٣٦
الفلفل — الباذنجان — الخيار — القاوون	١٥-١٨	٢٢-٢٥	٢٩-٣٢	٨-١١	٣٦-٣٩

أهمية درجة الحرارة فى تحديد الموعد المناسب للزراعة

لدرجة الحرارة السائدة أهمية بالغة فى تحديد الموعد المناسب للزراعة، لأن اختيار الموعد المناسب يتأثر بالعوامل التالية:

١- طبيعة النبات نفسه، ومدى تحمله للحرارة المنخفضة أو المرتفعة.

٢- الظروف الجوية السائدة فى المنطقة.

٣- الفترة المطلوبة لظهور المحصول فى الأسواق.

٤- أهمية المحصول المبكر اقتصاديًا.

ومن الضرورى تحديد الموعد المناسب للزراعة بدقة فى الحالات الآتية:

١- عند الرغبة فى معرفة أقرب موعد للزراعة للحصول على محصول مبكر.

٢- عندما يكون موسم النمو قصيرًا، ويلزم معرفة موعد الزراعة الذى يتلاءم مع المحصول المراد زراعته.

٣- عندما يتأثر إزهار المحصول بدرجة الحرارة.

أضرار الحرارة المنخفضة الأعلى درجة من درجة التجمد

تعرف الأضرار التى تحدثها الحرارة المنخفضة الأعلى من درجة التجمد — والتى تتراوح عادة بين درجة واحدة وسبع أو عشر درجات مئوية (حسب المحصول) — باسم أضرار البرودة Chilling Injury. ولا تحدث هذه الأضرار — عادة — إلا فى محاصيل المواسم الدافئة والحارة؛ مثل الطماطم، والفلفل، والباذنجان والقرعيات بمختلف أنواعها، والبامية، والفاصوليا، واللوبيا، والبطاطا.

وقد عُرِّفت أضرار البرودة بأنها: "التغيرات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية التى تحدث بفعل التعرض لحرارة تزيد عن نقطة التجمد، وتقل عن ١٢ °م".

تتعرض النباتات الحساسة للبرودة لأضرار الحرارة المنخفضة فى أية مرحلة من نموها وتطورها؛ بدءًا من مرحلة إنبات البذور، وانتهاءً بالمرحلة التى تخزن فيها الثمار بعد الحصاد، ومن أهم أعراضها التحلل necrosis، وانهيار الأنسجة وتلونها باللون البنى، وضعف النمو، أو عدم الإنبات فى حالة البذور.

الأقلمة

تكتسب عديد من النباتات العشبية القدرة على تحمل التجمد إذا عرضت للبرودة لفترة قصيرة (أيام أو أسابيع قليلة) قبل تعرضها للصقيع، فيما يعرف بعملية "الأقلمة Acclimation"؛ (وهى العملية التى تعرف فى المجال البستانى التطبيقى باسم "التقسية Hardening"). ويؤدى تعرّض النباتات للحرارة العالية بعد تعرضها للحرارة المنخفضة إلى زوال أثر الأقلمة، فيما يعرف بعملية الـ Deacclimation. وتؤثر عمليتا الـ acclimation، والـ deacclimation على كل من ظاهرتى القدرة على تحمل التجمد Freezing Tolerance، والقدرة على تجنب التجمد Freezing Avoidance.

وقد وجد Yang & Shen (١٩٩٢) أن تعريض بادرات الخيار وهى فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية لحرارة ٢٠ °م نهارًا، و ٦ °م ليلاً لمدة ستة أيام أدى إلى زيادة تحملها لحرارة تقل عن درجة واحدة مئوية لمدة تزيد على ٤٠ ساعة بعد ذلك، مقارنة

بالنباتات التى لم تعط هذه المعاملة. كان التسرب الأيونى فى هذه النباتات أقل مما فى نظائرها من النباتات غير المعاملة، بينما كانت أضرار البرودة فيها أقل، وتأخر ذبول أوراقها، وأظهرت معدلات أعلى من البناء الضوئى.

هذا .. وتُحدث عملية الأقلمة تغيرات أساسية فى تركيب الأغشية البلازمية، هى التى تكسب النباتات القدرة على تحمل البرودة (عن Palta ١٩٩٢).

أضرار الحرارة المرتفعة الأعلى من المجال المناسب

تختلف الأوراق عن الثمار والأنسجة اللحمية فى مدى تحملها للحرارة المرتفعة، لأن الأوراق قد تكون حرارتها أقل من درجة حرارة الجو المحيط بها بسبب عملية النتح، بينما لا يحدث ذلك فى الأنسجة اللحمية ذات النشاط الحيوى العالى، والتى لا تنتقل منها الحرارة الناتجة من التنفس بسرعة كافية إلى الجو المحيط بها؛ الأمر الذى يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها عن درجة حرارة الهواء المحيط بها. كما ترتفع درجة حرارة الأنسجة النباتية المعرضة لأشعة الشمس المباشرة، بما فى ذلك الأوراق.

ومن المشاكل البستانية الهامة التى تترتب على ارتفاع درجة الحرارة – والتى يتعين الإلمام بها لتجنب حدوثها – ما يلى:

١- كثيرًا ما تحدث أضرار شديدة للبادرات الحديثة الإنبات عند ارتفاع درجة الحرارة، ويرجع ذلك إلى أن التربة تمتص قدرًا كبيرًا من الأشعة تحت الحمراء التى تصل إليها من الشمس؛ الأمر الذى يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها إلى حدٍّ لا تتحمله أنسجة البادرات الرهيفة. وكثيرًا ما تختلط تلك الأعراض بأعراض مرض تساقط البادرات damping off.

٢- كذلك قد تحدث أضرار مماثلة بالثمار اللحمية بالأجزاء الخضرية التى قد تتراكم بها الحرارة؛ لأن انقشاع وتبدد الحرارة منها ربما لا يحدث بالكفاءة اللازمة لعدم حدوث الضرر.

٣- وعندما تتعرض الأوراق لإضاءة قوية مع شدٍّ رطوبى فإن التبريد الناشئ عن النتح ربما لا يتم بالكفاءة المطلوبة؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى ارتفاع حرارة الأوراق عن حرارة الهواء المحيط بها بفارق عدة درجات، مع زيادة احتمالات موت خلاياها، وظهور بقع فسيولوجية — غير متحللة — بها.

٤- ومن أهم مظاهر أضرار الحرارة العالية ظهور بقع متحللة، وخاصة على السويقة الجنينية السفلى والساق، كما يظهر تبرقش مصفر على الأوراق والثمار. ويعزى ذلك إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى زيادة معدل التنفس مع انخفاض معدل البناء الضوئى؛ فيقل الغذاء المخزن، وقد ينعدم. كما قد تحدث تغيرات فى كل من البروتينات، والإنزيمات، والأغشية الخلوية. وتختل كفاءة الإنزيمات التى لا تقوم بوظائفها إلا فى مجال حرارى معين. كما قد تحدث دنترة denaturation للبروتينات. ومع تمزق الأغشية الخلوية يختلّ كل شئ بالخلايا، وتصبح الإنزيمات مختلطة بمركبات لا يحدث اتصال بها فى الظروف العادية؛ الأمر الذى يؤدى إلى حدوث تفاعلات إنزيمية غير مرغوب فيها.

٥- ومن مظاهر الحرارة العالية عن الحدود المناسبة لعقد الثمار سقوط الأزهار دون عقد، أو سقوط الثمار الحديثة العقد. كما يتفاعل الضوء مع الحرارة العالية فى التأثير على سقوط الأزهار. ففى الفلفل .. وجد أن التظليل يزيد من سقوط الأزهار فى الحرارة العالية، ويَسْبِقُ سقوطها — فى هذه الظروف — انخفاض فى تركيز السكر فى البراعم الزهرية، مع زيادة فى إنتاج الإيثيلين فيها. هذا .. إلا أن أصناف الفلفل تختلف فى حساسية أزهارها للحرارة العالية، ويتفق ذلك مع اختلاف إنتاجها للإيثيلين فى ظروف الحرارة العالية، واختلاف حساسيتها للإيثيلين المنتج فى هذه الظروف (Aloni وآخرون ١٩٩٤).

تأثير الضوء والفترة الضوئية

لا يمكن للنباتات أن تنمو فى غياب الضوء، فهو العامل الأساسى فى عملية البناء

الضوئى التى تعتمد عليها النباتات كلية فى تحضير السكريات الأولية. وتتأثر النباتات بكل من شدة الإضاءة ونوعية الإضاءة، وطول الفترة الضوئية.

شدة الإضاءة والعوامل المؤثرة فيها

تؤثر شدة الإضاءة Light Intensity تأثيرًا كبيرًا فى معدل عملية البناء الضوئى؛ فيزداد البناء الضوئى مع زيادة شدة الإضاءة فى حدود معينة. ونظرًا لأن النباتات تعتمد فى نموها على عملية البناء الضوئى، فإننا نجد أن المحصول يزداد مع ازدياد شدة الإضاءة.

هذا .. وتختلف شدة الإضاءة من منطقة لأخرى، ومن ساعة لأخرى فى نفس المنطقة، فتزداد شدة الإضاءة:

١- قرب خط الاستواء عنها قرب القطبين.

٢- فى الأجواء الجافة الصحوة عنها فى الأجواء الملبدة بالغيوم.

٣- فى الأماكن المرتفعة عنها بالقرب من سطح البحر.

٤- صيفًا عنها شتاءً.

٥- وقت الظهيرة عنها فى الصباح أو المساء.

وفى المتوسط نجد أن الإضاءة القوية تبلغ نحو ٥٠٠٠ شمعة/قدم. وأقل إضاءة لازمة للنمو النباتى هى ٨٠٠-١٠٠٠ شمعة/قدم.

الأهمية التطبيقية لتأثير شدة الإضاءة على النباتات

يمكن إجمال التأثيرات العملية لشدة الإضاءة على نباتات الخضر فيما يلى:

١- التأثير على معدل البناء الضوئى والمحصول .. فلا يكون البناء الضوئى محسوسًا فى إضاءة ٠,٥ شمعة/قدم، ويتساوى البناء مع الفاقد فى التنفس (Compensation point) فى إضاءة ١٠٠-٣٠٠ شمعة/قدم.

٢- تؤثر على معدل النتح؛ فيزيد النتح مع زيادة شدة الإضاءة؛ لذلك يفضل إجراء عملية الشتل فى الجو الملبد بالغيوم، أو فى المساء؛ لأن النباتات المشتولة حديثًا لا

يمكنها امتصاص كمية كبيرة من الماء من التربة؛ لأنها تفقد جزءًا من مجموعها الجذرى عند تقليعها من المشتل.

٣- تؤثر شدة الإضاءة على التركيب التشريحى للأوراق. ففى الإضاءة الساطعة تحتوى الأوراق على ٢-٣ طبقات من الخلايا المحتوية على البلاستيدات الخضراء، وتكون الخلايا مندمجة ومكتنزة بالغذاء المجهز. أما تحت ظروف الإضاءة الضعيفة، فإن المسافات البينية بين خلايا الميزوفيل تكون واسعة، وتكون الأوراق عصيرية. وتلك هى الصفات المفضلة فى نباتات السلاطة؛ مثل: الخس، والجرجير.

٤- تؤدى زيادة شدة الإضاءة أكثر من اللازم إلى الإصابة بلفحة الشمس Sunburn، ويحدث ذلك فى النموات الخضرية والثمرية على حد سواء.

ويحدث الضرر بالنموات الخضرية، خاصة عندما تكون رهيفة وعصيرية وتتعرض لأشعة شمس قوية بعد فترة من الجو الملبد بالغيوم. فتحت هذه الظروف تتلون الأنسجة المعرضة لأشعة الشمس باللون الأخضر المصفر فى مساحات غير منتظمة الشكل، وسرعان ما تصبح الأنسجة المصابة طرية، ثم تجف، تاركة بقعًا هشة بنية اللون.

كذلك تتعرض أبصال البصل ودرنات البطاطس لأضرار مماثلة عند إجراء الحصاد فى جو حار صحو.

وأيضًا تصاب ثمار الخضر المختلفة بلفحة الشمس، فتصاب ثمار الطماطم والبطيخ والشمام والفلفل والباذنجان وغيرها عند التعرض لأشعة الشمس القوية فى الجو الحار. وتظهر الأعراض على ثمار الطماطم، سواء أكانت خضراء، أم قاربت على النضج، حيث يبدو النسيج المصاب لامعًا فى البداية، ثم يصبح مشبعًا بالماء، ثم يجف بسرعة، وينخفض سطح النسيج المصاب عن مستوى سطح باقى الثمرة، ويتحول لونه إلى اللون الأبيض أو الرمادى فى الثمار الخضراء، وإلى اللون الأصفر فى الثمار الحمراء. وعادة ما تزداد شدة الضرر فى الأصناف ذات النمو الخضرى الضعيف.

وفى الفاصوليا تظهر أعراض لفحة الشمس على القرون فى صورة بقع صغيرة مشبعة بالماء، وسرعان ما تتلون باللون الأحمر أو البنى. وتزداد حدة هذه الأعراض فى الجو الحار.

وقد توصل Rabinowitch وآخرون (١٩٨٣) من دراساتهم على لفحة الشمس فى ثمار الفلفل والخيار إلى الاعتقاد بأن الكلوروفيل ضرورى لكى تظهر أعراض الإصابة بلفحة الشمس. فقد عرّضوا ثمار فلفل وخيار مقطوفة وأخرى على النبات — وهى فى مراحل مختلفة من نموها ونضجها — لأشعة الشمس؛ ووجدوا أن ظهور حالة لفحة الشمس يتأثر بلون الثمرة، وما إذا كانت مقطوفة، أو مازالت بالنبات. فالثمار المقطوفة ارتفعت حرارتها بدرجة أكبر من تلك التى ظلت على النبات، وكانت أكثر حساسية للفحة الشمس. كما ارتفعت درجة حرارة ثمار الفلفل ذات اللون الأخضر الفاتح بدرجة أقل، وظهرت بها نسبة أقل من إصابات لفحة الشمس عن مثيلاتها من الثمار ذات اللون الأخضر الداكن. أما ثمار الفلفل الحمراء الناضجة، وثمار الخيار الصفراء الناضجة، فقد كانتا مقاومتين للإصابة بلفحة الشمس. وبالعكس .. كانت ثمار الفلفل الخضراء أو التى فى بداية التلوين، وثمار الخيار الخضراء غير الناضجة والخضراء المصفرة أكثر الثمار عرضة للإصابة بلفحة الشمس.

ويتأثر محتوى ثمار الطماطم من حامض الأسكوربيك بالإشعاع الشمسى الذى تتعرض له الثمار ذاتها — بدرجة أكبر من تأثره بالإشعاع الشمسى الذى تتعرض له الأوراق؛ فيُحدث تظليل للثمار خفضًا كبيرًا فى محتواها من حامض الأسكوربيك المختزل، وذلك بمقدار ٧٤٪، بينما يؤخر تظليل الأوراق نضج الثمار ويقلل من محتواها من حامض الأسكوربيك المختزل بنسبة ١٩٪ فقط. ولقد وجد ارتباط بين محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك المختزل ومحتواها من السكريات فى الظروف العادية، بينما لم يتأثر محتوى الثمار من السكريات بتظليلها؛ ولذا .. فإن ذلك الارتباط اختفى فى ظروف تظليل الثمار. ويعنى ذلك أن محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك المختزل لا يتحدد بالبناء الضوئى أو بمحتوى السكريات، وإنما يعتمد بقوة على تعرض الثمار لضوء الشمس. ويبدو أن تظليل الأوراق يؤثر على محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك المختزل من خلال تأخيره للنضج (Gautier وآخرون ٢٠٠٨).

ويفيد استخدام شباك التظليل فى التغلب على مشاكل الشدّ الحرارى فى محاصيل الخضر. وقد وجد عند استخدام مستويات مختلفة من التظليل تراوحت بين صفر٪، و

٨٠٪ عند إنتاج الفلفل حدوث انخفاض فى كل من الإشعاع النشط فى عملية البناء الضوئى، وفى حرارة الهواء والأوراق والتربة فى منطقة نمو الجذور مع زيادة مستوى التظليل . وقد رافق التظليل — كذلك — زيادة فى أطوال النباتات ونقص فى سمك سيقانها، وزيادة فى مساحة أوراقها؛ وكلها استجابات من النباتات لحالة ضعف الإضاءة ساعدت فى زيادة قدرتها على الاستفادة من الإشعاع الساقط. وعلى الرغم من أن التظليل أدى إلى خفض حرارة الأوراق وتقليل النتح منها، إلا أنه أحدث — كذلك — خفضًا فى معدل البناء الضوئى بها. هذا .. وكانت المستويات المتوسطة من التظليل (٣٠٪ و ٤٧٪) هى الأفضل لنمو نباتات الفلفل وأدائها لوظائفها الحيوية الطبيعية (Diaz-Pérez ٢٠١٣).

ولأن إنتاج ونوعية ثمار الفلفل يتأثران سلبيًا بالأشعة القوية التى تتعرض لها النباتات خلال فترة الحصاد صيفًا. فقد دُرس تأثير تطعيم صنف الفلفل Herminio على ثلاثة أصول تجارية (هى Atlante، و Creonte، و Terrano) فى ظل ظروف التظليل أو عدم التظليل. وقد تأكدت فاعلية التظليل فى تحسين النمو الخضرى، والبناء الضوئى، والنتح، والوضع المائى للأوراق، وفى خفض المحصول غير الصالح للتسويق — وخاصة بسبب حالات لسعة الشمس — وذلك مقارنة بما حدث فى النباتات غير المظللة. كذلك فإن النباتات المطعومة كان سلوكها أفضل من غير المطعومة سواء أكانت مظللة، أم غير مظللة، ، إلاَّ أن الاختلافات كانت أكبر فى حالة عدم التظليل. وقد أنتجت النباتات التى طعمت على Atlante مساحة ورقية تزيد بنسبة ٤٠٪ عما فى التوافقات الأخرى للأصول، إلا أنها لم تكن أعلى محصولاً، أو أقل فى نسبة إصابة الثمار بلسعة الشمس. وفى المقابل .. لم يؤثر التطعيم على Creonte جوهريًا فيما يتعلق بكتلة النمو البيولوجى للأوراق، لكنه أدى إلى زيادة المحصول الكلى والصالح للتسويق بنسبة ٣٠٪ تحت ظروف عدم التظليل، وبنسبة ٥٠٪ تحت ظروف التظليل، مقارنة بالوضع فى النباتات غير المطعومة. كذلك فإن هذا الأصل حافظ على نشاط البناء الضوئى فى الأوراق يزيد بمقدار ٣٠٪–٦٠٪، وأدى إلى انخفاض الإصابة بلسعة الشمس بنسبة ٦٠٪ أثناء فترة الحصاد فى النباتات غير المظللة.

ويتبين مما تقدم أن التحسن فى حماية عملية البناء الضوئى أكثر كفاءة فى زيادة المحصول وتقليل الإصابة بلسعة الشمس عن مجرد زيادة النمو الخضرى فى ظروف عدم التظليل، وأن استعمال الأصل Creonte هو بديل جيد لاستخدام شباك التظليل فى زراعات الفلفل بالبيوت المحمية (López-Marin وآخرون ٢٠١٣).

طول الموجات الضوئية، وأهميتها، والعوامل المؤثرة فيها

من أهم العمليات الحيوية التى تتأثر بطول الموجة الضوئية Wave length ما يلى:

١- عملية البناء الضوئى.

٢- الاستجابة للفترة الضوئية photoperiodic response.

٣- النشاط الفسيولوجى؛ مثل فتح وإغلاق الثغور، والنتح، وانتقال الماء والأملاح الغذائية داخل النبات.

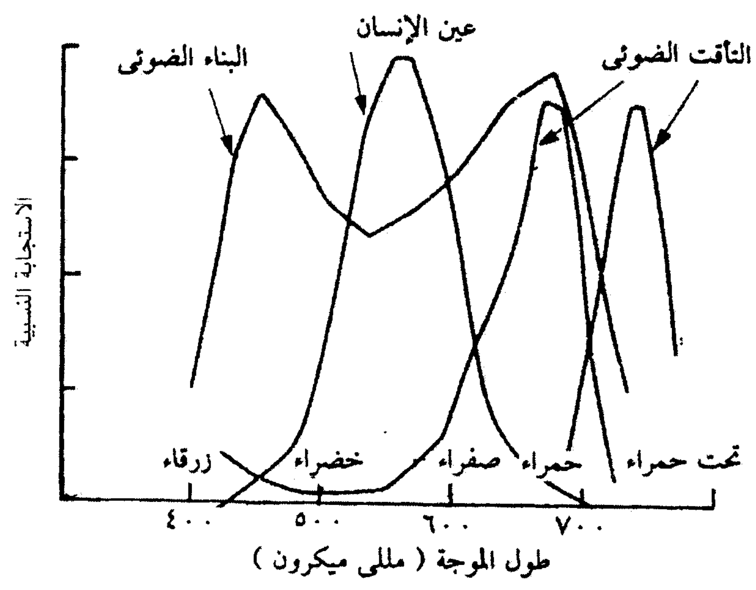
فكل عملية منها يبلغ معدلها أعلى ما يمكن عندما يكون الضوء من طول موجة معين؛ أى من لون معين (شكل ٤-٢). ونظرًا لأن الضوء الأبيض العادى يحتوى على جميع ألوان الطيف، فإن أهمية هذا الموضوع تظهر فى الدراسات البحتة التى يدرس فيها الباحث تأثير ألوان الطيف المختلفة على العمليات الحيوية فى النبات.

فنجد أن عملية البناء الضوئى تكون فى أعلى معدلاتها فى وجود الأشعة الحمراء والبرتقالية (٦٠٠-٧٦٥ مللى ميكرون؛ المللى ميكرون = نانوميتر واحد)، والأشعة الزرقاء والبنفسجية (٣٩٠-٥٠٠ مللى ميكرون)، بينما يتأثر التأقت الضوئى بكل من الأشعة الحمراء وتحت الحمراء.

وبالإضافة إلى تأثير الأشعة الزرقاء والبنفسجية على البناء الضوئى، فإنها تؤثر كذلك على حركة البلاستيدات الخضراء، وعلى وضع الأوراق وحجمها.

هذا .. ولكل من الضوء الأحمر والأزرق تأثيرهما الفعال فى أيض البناء الضوئى. وتعمل الأشعة تحت الحمراء على إعكاس تأثير صفات الفيتوكروم؛ مما يقود إلى تغيرات فى التعبير الجينى والبناء النباتى plant architecture والاستجابات التكاثرية. وأظهرت

الدراسات الحديثة أن للضوء الأخضر – كذلك – تأثيرات محددة على بيولوجيا النبات، حيث يؤثر على عمليات بنائية من خلال وسائل تعتمد على الكربتوكروم cryptochrome وأخرى لا تعتمد عليه. وعمومًا فإن تأثير الضوء الأخضر مضاد لتأثيرات الموجات الضوئية الحمراء والزرقاء. ويستفاد مما تقدم أن الضوء الأخضر يعدل من النمو والتطور النباتيين فى تناسق مع كل من الضوء الأحمر والأخضر (Folta & Maruhnich ٢٠٠٧).



شكل (٤-٢): تأثير طول الموجة الضوئية (ألوان الطيف) على معدل عمليتى البناء الضوئى والتأقت الضوئى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

الفترة الضوئية والعوامل المؤثرة فيها

يختلف طول الفترة الضوئية باختلاف خط العرض واليوم من السنة كالتالى:

١- فى ٢١ من مارس، و ٢١ من سبتمبر تكون الشمس متعامدة تمامًا على خط الاستواء، ويكون الشروق من الشرق تمامًا، والغروب من الغرب تمامًا، ويتساوى طول الليل مع طول النهار فى كافة أرجاء الكرة الأرضية.

٢- فى ٢١ من ديسمبر تكون الشمس أبعد ما تكون جنوبًا عن خط الاستواء، ويصاحب ذلك أقصر نهار فى نصف الكرة الشمالى، وأطول نهار فى نصف الكرة الجنوبى.

٣- يحدث العكس فى ٢١ من يونية؛ حيث تكون الشمس أبعد ما تكون شمالاً عن خط الاستواء، ويصاحب ذلك أطول نهار فى نصف الكرة الشمالى، وأقصر نهار فى نصف الكرة الجنوبى.

٤- يتساوى طول النهار مع طول الليل عند خط الاستواء فى جميع أيام السنة.

٥- فى نصف الكرة الشمالى يكون طول النهار فى الفترة من ٢١ مارس إلى ٢١ سبتمبر أطول فى المناطق الشمالية منه فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء. ويكون الفارق أكبر ما يمكن فى ٢١ من يونية، ويحدث العكس تمامًا فى نصف الكرة الجنوبى.

٦- يحدث كذلك فى نصف الكرة الشمالى أن طول النهار فى الفترة من ٢١ سبتمبر إلى ٢١ مارس يكون أقصر فى المناطق الشمالية منه فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء. ويكون الفارق أكبر ما يمكن فى ٢١ من ديسمبر، ويحدث العكس تمامًا فى نصف الكرة الجنوبى (عن Edmond وآخرين ١٩٧٥).

تأثير الفترة الضوئية على نمو وتطور النباتات

تؤثر الفترة الضوئية photoperiod على النباتات عن طريقين؛ هما:

١- من خلال تأثيرها على كمية الضوء الكلية التى تتعرض لها النباتات؛ وبالتالى تؤثر على كمية الغذاء المجهز، والنمو، والمحصول. ولهذا يلاحظ أن المحصول يكون أكبر — عادة — صيفًا فى الدول الشمالية؛ حيث تزيد الفترة الضوئية إلى نحو ١٧ ساعة يوميًا.

٢- تؤثر الفترة الضوئية تأثيرًا مباشرًا فى نمو وتطور النباتات. ويعرف هذا النوع من الاستجابة للفترة الضوئية باسم التأقت الضوئى Photoperiodism. وقد يكون تأثير الفترة الضوئية متمثلاً فى دفع النباتات نحو الإزهار، أو إلى تكوين درنات أو أبصال أو مدادات ... إلى غير ذلك من عمليات النمو والتطور التى تتأثر بالفترة الضوئية.

وعادة .. يقصد بتأثير الفترة الضوئية تأثيرها على الإزهار، ما لم يذكر غير ذلك.

وتقسم النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية إلى ٣ مجموعات، وهي:

١- نباتات النهار القصير Short-day plants: وهذه لا تزهر إلا إذا زاد طول الليل على حد معين. فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تقل عن حد معين حتى تزهر. ومن أمثلتها: الذرة السكرية، والفول الرومى، وفول الصويا، والكايوت، والروزيل، والفراولة.

٢- نباتات النهار الطويل Long-day plants: وهذه لا تزهر إلا إذا قصر طول الليل عن حد معين. فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تزيد على حد معين حتى تزهر. ومن أمثلتها: السبانخ، والفجل، والشبت.

٣- نباتات محايدة Day-neutral plants: وهذه لا تتأثر فى إزهارها بالفترة الضوئية؛ ومن أمثلتها: الطماطم، والبامية، والقرعيات.

وكما سبق الذكر .. فإن تأثير الفترة الضوئية لا يقتصر على الإزهار، بل يمكن أن يكون على:

١- تكوين الأبصال: فيعتبر البصل والثوم من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال.

٢- تهيئة النبات لتكوين الدرنات: فتعتبر البطاطس والطرطوفة واليام من نباتات النهار القصير بالنسبة لتهيئة النبات لتكوين الدرنات، كما تعتبر البطاطا والكسافا من نباتات النهار القصير بالنسبة لزيادة الجذور فى الحجم (Yamaguchi ١٩٨٣).

٣- تكوين المدادات: فتعتبر الفراولة من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين المدادات.

٤- نمو السلاميات فى الفاصوليا.

٥- تمثيل صبغة الأنثوسيانين فى الكرنب الأحمر (Piringer ١٩٦٢).

٦- التأثير على النسبة الجنسية فى القرعيات؛ حيث تزداد نسبة الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة فى النهار الطويل، بينما تضيق تلك النسبة — بزيادة عدد الأزهار المؤنثة المتكونة — فى النهار القصير.

ومما تجدر ملاحظته أن الاستجابة للفترة الضوئية لا تستلزم أبدًا أن يكون النهار قصيرًا بالنسبة لنباتات النهار القصير، وأن يكون النهار طويلاً بالنسبة لنباتات النهار الطويل؛ بل إن العكس قد يحدث أحيانًا.

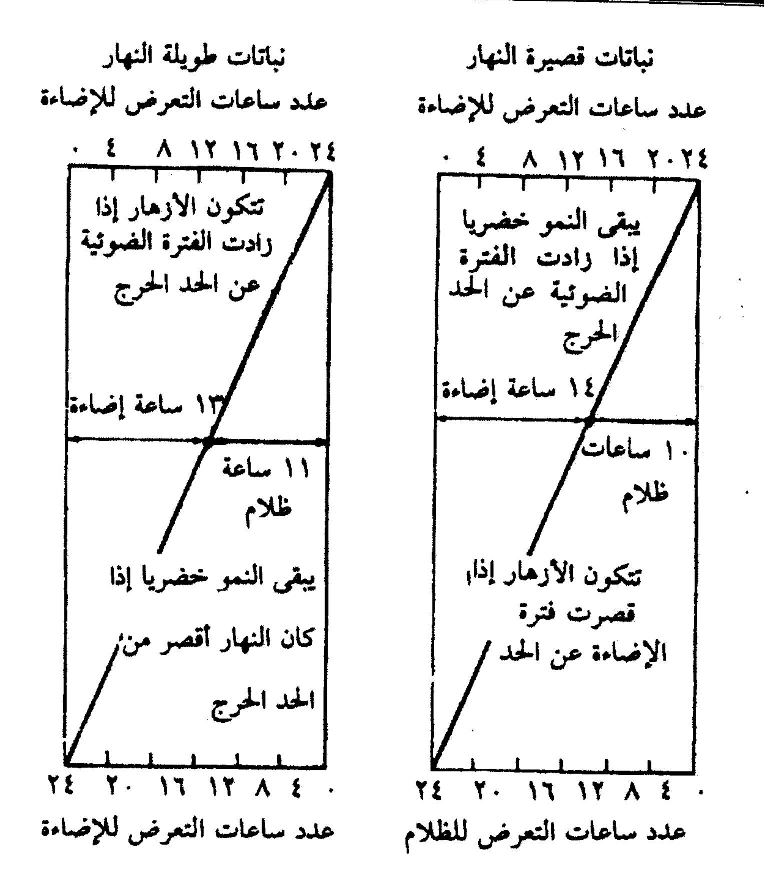
فالذرة السكرية تزهر فى المناطق الشمالية صيفًا؛ حيث يصل طول النهار إلى ١٧ ساعة، برغم أنها من نباتات النهار القصير، فى حين أن بعض أصناف السبانخ قد تزهر فى فترة إضاءة أقل من ١٢ ساعة، برغم أنها من نباتات النهار الطويل.

كذلك قد تكوّن بعض أصناف البصل أبصالاً فى نهار طوله ١٢ ساعة، بينما لا يمكن لبعض الأصناف الأخرى أن تكوّن أبصالاً فى فترة إضاءة تقل عن ١٦ ساعة. برغم أن جميع أصناف البصل تُعَدّ من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال.

فالعبرة بطول فترة الظلام، وما إن كانت الاستجابة لا تحدث إلا عند زيادتها عن حد معين (نباتات النهار القصير)، أو إلا عند قصرها عند حد معين (نباتات النهار الطويل). ويوضح شكل (٤-٣) هذه العلاقة بين السبانخ — وهى من نباتات النهار الطويل، وتلزمها فترة ظلام لا تزيد على ١١ ساعة حتى تزهر — والقرنفل وهو من نباتات النهار القصير — وتلزمه فترة ظلام لا تقل عن ١٠ ساعات حتى يزهر.

ويمكن عمليًا زيادة طول النهار فى المواسم القصيرة النهار بعمل وميض من الضوء لمدة ٤ ثوان كل دقيقة ليلاً، أو بالإضاءة لمدة ٣ ساعات بعد نهاية النهار، ويستفاد من ذلك فى عدم زيادة طول فترة الظلام عن حد معين، وبالتالى دفع نباتات النهار الطويل للإزهار. وتختلف الاستجابة لهذه المعاملة بين نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير.

كما يمكن إطالة فترة الظلام؛ وذلك بتغطية النباتات بقماش أسود لعدة ساعات يوميًا أثناء النهار؛ وبذلك يمكن دفع نباتات النهار القصير نحو الإزهار فى غير موسمها. كما فى الأرولا.



شكل (٤-٣): تأثير الفترة الضوئية على إزهار السبانخ والقرنفل. يلاحظ أن الفترة الضوئية الحرجة هى ١٣ ساعة للسبانخ (على اليسار)، و ١٤ ساعة للقرنفل (على اليمين) (عن Steward ١٩٦٦).

الأهمية البستانية للفترة الضوئية

عمليًّا .. يستفاد من دراسة الفترة الضوئية وتأثيرها على النباتات فى اختيار الصنف والموعد المناسبين للزراعة فى منطقة الإنتاج، بحيث ينمو المحصول بالطريقة التى تؤدى إلى إنتاج المحصول الاقتصادى الذى زرع من أجله، فمثلاً:

١- عند زراعة محصول مثل السبانخ يراعى اختيار موعد الزراعة؛ بحيث يتم إنتاج

المحصول الاقتصادى — وهو الأوراق — قبل زيادة الفترة الضوئية إلى الحد الذى يدفع النباتات نحو الإزهار؛ فتفقد بذلك قيمتها الاقتصادية.

٢- كذلك توجد اختلافات كبيرة بين أصناف السبانخ فى سرعة اتجاهها نحو الإزهار بزيادة الفترة الضوئية، فيجب اختيار الأصناف الأقل ميلاً للإزهار فى الزراعات التى يصاحبها نهار طويل نسبيًا.

٣- عند زراعة البصل يجب اختيار الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى الفترة الضوئية السائدة فى منطقة الإنتاج. فتزرع الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى فترة ضوئية قصيرة نسبيًا فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. أما الأصناف التى تلزمها فترة ضوئية طويلة، فلا يمكنها تكوين أبصال جيدة فى مثل هذه المناطق.

٤- توقيت موعد الزراعة؛ بحيث تتجه النباتات نحو الإزهار فى الوقت المناسب عند الرغبة فى إنتاج البذور.

٥- توفير الفترة الضوئية المناسبة لإزهار النباتات فى برامج التربية.

مراجع إضافية فى تأثير الفترة الضوئية على النمو النباتى

لمزيد من التفاصيل حول الفترة الضوئية وتأثيرها على النمو النباتى .. يراجع Adams & Langton (٢٠٠٥).

ولمزيد من التفاصيل حول الموديل الفسيولوجى/الوراثى لتفاعلات الفترة الضوئية مع درجة الحرارة وتأثيراتها على كل من التأقت الضوئى والارتباع والعقم الذكرى فى النباتات .. يراجع Yan & Wallace (١٩٩٥).

الأشعة غير المرئية وأهميتها

تختلف الأشعة غير المرئية عن الضوء الأبيض العادى. وأهم ما يصل منها إلى النباتات بجرعات محسوسة: الأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية.

الأشعة تحت الحمراء

تشكل الأشعة تحت الحمراء (الأشعة الحرارية) حوالى ١٪ من الأشعة الشمسية

الإجمالية التى تصل إلى النباتات. وتلعب الأشعة القصيرة منها — التى لا يزيد طول موجاتها على ٨٠٠ مللى ميكرون — دورًا فى عملية البناء الضوئى. أما الأشعة الطويلة الموجة منها فإن تأثيرها يقتصر على رفع درجة حرارة النبات.

الأشعة فوق البنفسجية

تشكل الأشعة فوق البنفسجية — وهى التى يقل طول موجاتها عن ٣٩٠ مللى ميكرون — نحو ٦٪-٧٪ من مجموع الأشعة الشمسية التى تصل إلى النباتات . تعد الأشعة ذات الموجات الضوئية الأقل من ٣٠٠ مللى ميكرون منها ضارة بالنباتات، لكن لا يصل إلى سطح الأرض منها إلا النذر اليسير؛ لامتصاصها من قِبل طبقة الأوزون. أما الأشعة فوق البنفسجية التى يتراوح طول موجاتها بين ٣٠٠ و ٣٩٠ مللى ميكرون فإنها تخترق الغلاف الجوى وتصل إلى سطح الأرض؛ وتلعب دورًا فى تكوين فيتامين "جـ" فى أوراق النباتات، وفى المساعدة على تقسية النباتات، وزيادة قدرتها على تحمل الحرارة المنخفضة، كما تحول دون استطالة سيقان البادرات. كذلك تلعب هذه الأشعة دورًا فى تلوين الأوراق فى الخريف، وفى زيادة تركيز اللون فى بعض الثمار.

ونظرًا لأن الزجاج لا يسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية .. لذا نجد أن محتوى الخضروات المنتجة فى الصوبات الزجاجية من فيتامين "جـ" يقل بمقدار ٣٠٪-٥٠٪ عن نظيرتها المنتجة فى الحقول المكشوفة أو فى الصوبات البلاستيكية التى تسمح بمرور ٧٠٪-٨٠٪ من هذه الأشعة (عن بوراس ١٩٨٥).

تُمتص الأشعة فوق البنفسجية فى النباتات بواسطة الكروموفورات Chromophores، التى تتضمن: الأحماض النووية، والبروتينات، وإندول حامض الخليك، وحامض الأبسيسك، والفلافوبروتينات. وربما يؤدى امتصاص الأحماض النووية للأشعة فوق البنفسجية إلى انحراف فى تمثيل البروتين، وإلى زيادة معدل حدوث الطفرات، وظهور التراكيب الكروموسومية غير العادية.

وقد يؤدى امتصاص الهرمونين: إندول حامض الخليك وحامض الأبسيسك

للأشعة فوق البنفسجية إلى حدوث تغيرات فى تركيز كلٌ منهما؛ الأمر الذى يؤدى إلى عدم انتظام النمو. وقد يظهر ذلك فى صورة ضعف فى الإزهار، أو فقدان للسيادة القمية، أو سقوط للأوراق، أو تغيرات فى تركيز العناصر الغذائية بالأنسجة النباتية.

وترتبط كفاءة النبات فى مقاومة أضرار الأشعة فوق البنفسجية بقدرته على إصلاح الضرر الذى تحدثه الأشعة للحامض النووى دى إن أى (الدنا)، كما ترتبط — أيضًا — بتمثيله لمركبات مثل الفلافانويدات flavanoids، والفلافونات flavones فى طبقة البشرة. كما يمكن للشمع السطحى بطبقة الأديم امتصاص قدر ضار من الأشعة فوق البنفسجية. ويؤدى تغيير اتجاه الورقة أو زيادة قدرتها على عكس الضوء إلى مزيد من الإفلات من التعرض لأضرار الأشعة فوق البنفسجية.

تأثير الرياح على محاصيل الخضر

تؤدى سرعة الرياح إلى:

١- اقتلاع النباتات، وكسر فروع الأشجار، ورقاد النباتات الطويلة المروية حديثًا.

٢- تغطية النباتات بالكثبان الرملية.

٣- إثارة حبيبات الرمل التى تضرب فى النباتات، محدثة بها أضرارًا كبيرة.

٤- اختلال التوازن المائى داخل النباتات وذبولها عندما تكون الرياح ساخنة جافة؛ نظرًا لتسببها فى زيادة سرعة النتح بدرجة أكبر من قدرة الجذور على امتصاص الماء.

٥- إغلاق الثغور جزئيًا عند زيادة سرعة الرياح عن ١٠ كم/ساعة، ويؤدى ذلك إلى نقص تبادل الغازات، وبطء عملية البناء الضوئى.

ولأجل هذا يلزم الاهتمام بإقامة مصدات الرياح حول مزارع الخضر، كما تجب دراسة تحركات الهواء البارد من أعالى الجبال نحو الوديان؛ لما لذلك من تأثيرات قد تكون ضارة أو مفيدة — حسب المحصول والظروف الجوية السائدة — قبل الشروع فى زراعة محاصيل الخضر فى مثل هذه الأماكن.

هذا .. وتهب على مصر رياح مختلفة على مدار العام؛ هى:

١- الرياح التجارية: وتهب على مصر معظم العام من الشمال أو الشمال الشرقى عادة، وسرعتها متوسطة؛ وتفيد فى تلقيح النباتات الهوائية التلقيح.

٢- الحسوم أو برد العجوز: وهى رياح شديدة البرودة، وتهب فى أوائل مارس، وتستمر لمدة ثمانية أيام. ولهذه الرياح تأثيرات ضارة؛ إذ إنها:

أ- قد تؤدى إلى موت بعض النباتات.

ب- تؤخر إنبات البذور.

جـ- تؤدى إلى سقوط أزهار النبات.

٣- الخماسين: وهى رياح حارة جافة تهب من الجنوب عادة، وتكون محملة بالأتربة والغبار، وقد ترتفع درجة الحرارة أثناء هبوبها إلى ٤٥°م. تهب رياح الخماسين عادة أثناء شهور مارس وأبريل ومايو. وفى المتوسط .. فإن عدد أيام رياح الخماسين يكون: ٦ أيام فى فبراير، و ٧ أيام فى مارس، و ٧ أيام فى أبريل، و ٥ أيام فى مايو، ويومين فى يونيو.

ولهذه الرياح تأثيرات ضارة؛ إذ أنها تؤدى إلى:

أ- سقوط الأزهار والثمار، ونقص المحصول.

ب- تمزق الأوراق وضعف النمو.

جـ- زيادة سرعة النضج.

د- ضمور حبوب اللقاح.

هـ- زيادة الإصابة بالعنكبوت الأحمر (عن مرسى وآخرين ١٩٥٩).

وفى دراسة عن تأثير الرياح على نباتات الخضر قام Bubenzer & Weis (١٩٧٤) بتعريض نباتات الفاصوليا والبسلة لرياح سرعتها ٢٤,٨ كيلو متر فى الساعة لمدة ٢٠ دقيقة، ووجدا أن هذه المعاملة أدت إلى نقص المحصول.

١- فى الفاصوليا بمقدار ٨٪ عندما أجريت المعاملة فى مرحلة نمو البادرات، وبمقدار ١٤٪ عندما أجريت فى مرحلة الإزهار.

٢- فى البسلة بمقدار ١٦٪، سواء أجريت المعاملة فى مرحلة نمو البادرات، أم فى مرحلة الإزهار.

كما وجد Mitchell وآخرون (١٩٧٥) أن هز نباتات الطماطم برفق مرة أو مرتين يوميًّا أدى إلى نقص عدد العقد على الساق وعدد الأوراق، مع قصر السلاميات، وتقزم النبات، وحدوث انتفاخ عند العقد، وتدلى نصل الأوراق لأسفل epinasty، مع تلون الأوراق الحديثة بلون أخضر داكن، وزيادة التفرع الجانبى للنبات. وقد اقترح الباحثون مصطلح "سيسمومورفوجينيسس Seismomorphogensis" لوصف التأثير الذى تحدثه الرياح على النباتات.

وعمومًا .. فإن توفير أى نوع من مصدات الرياح (أشجار وشجيرات، أو خطوط من نباتات عشبية نجيلية كالقمح والشعير، أو شباك بلاستيكية) يعمل على إبطاء سرعة الرياح لمسافةتصل إلى عشرة أضعاف طول المصدّ ذاته؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المحصول بنسبة ٥٪ إلى ٥٠٪ (Hodges & Brandle ١٩٩٦).

تأثير الأمطار على محاصيل الخضر

لا تخفى أهمية الأمطار فى حالة الاعتماد على ماء المطر بدلاً من الرى. وتجب فى هذه الحالة دراسة توزيع الأمطار. والكمية الكلية لماء المطر على مدار العام قبل التخطيط لزراعة محاصيل الخضر.

ويفضل دائمًا إنتاج البذور فى المناطق غير المطرة؛ نظرًا لأن الأمطار تساعد على:

١- انتشار بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية التى تنتقل عن طريق البذور، كما فى عديد من أمراض البسلة والفاصوليا.

٢- انتثار البذور من الثمار الجافة قبل حصادها؛ كما فى الخس.

هذا ويقسم العالم إلى ثلاث مناطق حسب معدل تساقط الأمطار السنوى فيها كالتالى:

١- المناطق الجافة Arid: ويقل معدل تساقط الأمطار فيها عن ٢٥ سم سنويًّا.

٢- المناطق شبه الجافة Semi arid: ويتراوح المعدل السنوى لتساقط الأمطار فيها بين ٢٥ و ٥٠ سم.

٣- المناطق تحت الرطبة Subhumid: ويتراوح المعدل السنوى لتساقط الأمطار فيها بين ٥٠ و ١٠٠ سم.

٤- المناطق الرطبة Humid: ويتراوح المعدل السنوى لتساقط الأمطار فيها بين ١٠٠ و ١٥٠ سم.

٥- المناطق المبتلة Wet: ويزيد معدل تساقط الأمطار فيها عن ١٥٠ سم سنويًّا (Yamaguchi ١٩٨٣).

وتعتبر مصر من المناطق الجافة التى يقل معدل تساقط الأمطار السنوى فيها كثيرًا؛ حيث يبلغ المعدل ١٣,٣ سم فى المناطق الساحلية، وينخفض المعدل إلى النصف فى الدلتا، وإلى الربع فى مصر الوسطى، وينعدم المطر تقريبًا فى مصر العليا. كما تتساقط معظم الأمطار خلال الفترة من نوفمبر حتى مارس، وتنعدم خلال شهور الصيف (جدول ٤-٥).

الرطوبة النسبية وأهميتها

يتراوح المتوسط العام للرطوبة النسبية فى مصر بين ٤٤٪ فى شهر مايو و ٦١٪ فى شهر نوفمبر، لكن المعدل العام يزداد كلما اتجهنا شمالاً، ويقل كلما اتجهنا جنوبًا؛ فمثلاً .. تكون الرطوبة النسبية كالتالى فى كل من الإسكندرية وأسوان:

الشهر	فى أسوان	فى الإسكندرية
مارس	٣٦٪	٦٧٪
ديسمبر	٥٣٪	٧٤٪

وبينما تجود بعض المحاصيل فى ظروف الرطوبة النسبية العالية - كما فى القنبيط، والخس، والسبانخ، والخضر الورقية عمومًا - فإن محاصيل أخرى تجود فى الجو الجاف؛ مثل: البطيخ والقاوون. كما تعمل الرطوبة النسبية المرتفعة على تخفيف الأثر الضار لكل من الحرارة المنخفضة والحرارة المرتفعة فى بعض محاصيل الخضر؛ مثل:

الطماطم والفاصوليا؛ ولهذا السبب .. تنجح العرة الصيفية المتأخرة من الطماطم فى المناطق الساحلية وشمال الدلتا.

جدول (٤-٥) معدل تساقط الأمطار السنوى فى مصر (بالمليمتر).

الشهر	المنطقة			
	الساحلية	الدلتا	مصر الوسطى	مصر العليا
يناير	٢٨	١٦	٩	—
فبراير	٢٢	١٢	٥	—
مارس	١٤	٩	٥	—
أبريل	٤	٢	١	—
مايو	٢	٢	١	—
يونيه	—	—	—	—
يولية	—	—	—	—
أغسطس	—	—	—	—
سبتمبر	—	١	—	—
أكتوبر	٧	٥	٢	—
نوفمبر	٢١	٧	٢	—
ديسمبر	٣٥	١١	٦	—
المجموع	١٣٣	٦٥	٣٠	—

تأثير الرطوبة النسبية على نمو وتطور محاصيل الخضر

يمكن إيجاز تأثير الرطوبة النسبية على نمو وتطور محاصيل الخضر فيما يلى:

١- ليس للرطوبة النسبية التى تتراوح بين ٥٥٪، و ٩٠٪ عند ٢٠°م تأثير يذكر على نمو وتطور معظم المحاصيل البستانية، ولكن الرطوبة النسبية الأقل من ذلك تعرض النباتات للشدِّ الرطوبى؛ وبذا .. تتسبب فى نقص نموها، كما قد تزيد الرطوبة النسبية — الأعلى من ذلك — من الإصابات المرضية، وقد تعرض النباتات للإصابة ببعض العيوب الفسيولوجية.

٢- قد تزيد الرطوبة العالية من أضرار ملوثات الهواء عند تواجدها فى بيئة النباتات.

٣- قد تفيد الرطوبة النسبية العالية فى زيادة كفاءة المقاومة الحيوية عند استخدام الفطريات فى مكافحة الحشرات.

٤- تفيد زيادة الرطوبة النسبية فى نجاح التكاثر بالعُقل الورقية، وعند تقسية النباتات الناتجة من مزارع الأنسجة.

٥- قد يؤدى توافق ارتفاع الرطوبة النسبية مع ارتفاع شدة الإضاءة إلى ارتفاع شديد فى درجة حرارة الأوراق — بسبب نقص النتح أو انعدامه مع زيادة الطاقة الحرارية المستمدة من الضوء — الأمر الذى قد يُحْدِث تلفًا بالأوراق.

٦- تؤدى الزيادة الكبيرة فى الرطوبة النسبية — كما يحدث فى البيوت المحمية عند ضعف التهوية — إلى انخفاض معدل النتح من الأوراق؛ وبذا .. يقل وصول الكالسيوم — وهو العنصر الذى ينتقل فى النبات مع تيار الماء المفقود بالنتح — إلى مختلف الأعضاء النباتية، وبخاصة تلك التى ينعدم فيها النتح تقريبًا، مثل الثمار والأوراق الداخلية.

ومن العيوب الفسيولوجية التى يسببها نقص وصول الكالسيوم إلى الأعضاء النباتية التى تتأثر به — بالرغم من توفر العنصر فى التربة — احتراق حواف الأوراق فى الفراولة والشيكوريا والخس، والقلب الأسود فى القنبيط والكرفس وكرنب بروكسل، وتعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل.

ويعمل الضغط الجذرى root pressure (وهو خاصية انسياب الماء من الجذور إلى أعلى بفعل الضغط الأسموزى بالجذور وليس نتيجة لجذب الماء بالنتح) على توفير جزء من الكالسيوم اللازم للنبات. ويشاهد أثر الضغط الجذرى بحدوث ظاهرة الإدماع guttation بخروج الماء على صورة قطرات صغيرة من نهايات العروق بالأوراق (وهى التى تعرف بالثغور المائية hydathodes). وتعمل الرطوبة النسبية العالية ليلاً على زيادة الضغط الجذرى. كذلك يزيد الضغط الجذرى بانخفاض تركيز الأملاح فى الماء الأرضى.

٧- قد تتأثر عمليتا التلقيح والإخصاب - كذلك - بالرطوبة النسبية؛ ففى الطماطم .. كانت أنسب رطوبة نسبية لذلك هى ٠,٧ كيلو باسكال، بينما أوضحت دراسة أخرى أن الرطوبة النسبية لم تكن لها أية تأثيرات فى هذا الشأن عندما تراوح المجال الرطوبى بين ١,٠ و ٠,٢ كيلو باسكال، ولكن الرطوبة العالية جدًّا (أقل من ٠,٢ kPa vpd) أدت إلى عدم انتثار حبوب اللقاح بسهولة من المتوك، بينما لم تلتصق حبوب اللقاح بسطح المياسم عند انخفاض الرطوبة إلى أكثر من ١,٠ كيلو باسكال.

٨- وجد كذلك أن زيادة الرطوبة النسبية تؤدى إلى زيادة مساحة الورقة بالنسبة لوحدة الوزن الجاف من النبات - وهى القيمة التى تعرف باسم نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio (أو LAR) - ولكنها تؤدى - كذلك - إلى انخفاض الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate (أو NAR) لتلك المساحة الورقية. كما وجد أن معدل النمو المحصولى Crop Growth Rate (أو CGR) فى الطماطم يزداد بزيادة الرطوبة النسبية من ١,٠ إلى ٠,٢ كيلو باسكال.

٩- تؤكد عديد من الدراسات وجود تأثيرات إيجابية للرطوبة النسبية - فيما بين ٢,٠، و ٠,٥ kPa (كيلو باسكال kilopascals) - من الفرق فى ضغط بخار الماء vapor pressure deficit (vpd) على عملية البناء الضوئى؛ حيث يزيد البناء الضوئى بزيادة الرطوبة النسبية، وتزيد معها - تحت نفس الظروف - قدرة الثغور على تبادل الغازات Stomatal Conductivity. ويدل ذلك على نقص الشدِّ الرطوبى فى الأوراق عند زيادة الرطوبة. وبالمقارنة .. فإن نقص الرطوبة النسبية يؤدى إلى زيادة فقد الرطوبة من الأوراق؛ الأمر الذى يترتب عليه انغلاق الثغور، والحد من تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون - اللازم لعملية البناء الضوئى - عبرها.

كذلك يزداد النمو الخضرى الكلى للنباتات بزيادة الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بها؛ الأمر الذى يترتب عليه زيادة فى معدل البناء الضوئى بالنسبة للنبات ككل. وتحدث أكبر زيادة فى معدل النمو النباتى عند زيادة الرطوبة النسبية بالقدر الذى يصاحبه انخفاض الـ vpd من ١,٨ إلى ١,٠ كيلو باسكال. وليست لزيادة الرطوبة النسبية

إلى ۰٫۳ كيلو باسكال تأثيرات إضافية هامة على النمو النباتى (عن Grange & Hand ١٩٨٧).

وقد كان للرطوبة النسبية العالية تأثير إيجابى على المحصول فى كل من الخس والكيل. كما أدت الرطوبة العالية (٨٥٪) إلى زيادة محصول درنات البطاطس مقارنة بالرطوبة المنخفضة (٥٠٪)، بينما كانت المساحة الورقية أكبر فى الرطوبة المنخفضة.

كذلك أدت الرطوبة النسبية المرتفعة (٨٥٪) إلى زيادة المحصول، والنمو النباتى الكلى الصالح للأكل edible biomass، ومعدل النمو، ونشاط البناء الضوئى، ونشاط الثغور فى البطاطا، وذلك مقارنة بالرطوبة المنخفضة (٥٠٪) (Mortley وآخرون ١٩٩٤).

ولكن وجد فى دراسة على الفاصوليا (O'Leary & Knecht ١٩٧١) أن الرطوبة النسبية المرتفعة جدًا (من ٩٥٪-١٠٠٪) لم يكن لها أى تأثير على الوزن الجاف أو الطازج للنباتات، أو على محصول بذور الفاصوليا، بالمقارنة بالرطوبة النسبية المنخفضة (٣٥٪-٤٠٪) أو المتوسطة (٧٠٪-٧٥٪). وانحصر تأثير الرطوبة العالية فى نقص الماء المفقود بالنتح مع زيادة فى المادة الجافة بالنبات لكل وحدة من الماء المستهلك فى النمو، بالمقارنة بالمستويات الأخرى من الرطوبة النسبية.

تأثير البرق على محاصيل الخضر

عندما يلامس البرق سطح الأرض تنتشر طاقة كهربائية كبيرة فى اتجاه شبه دائرى تقريبًا، ويتوقف المدى الذى يصل إليه انتشار هذه الطاقة الكهربائية على نسب الرطوبة الأرضية فى الطبقة السطحية من التربة. فكلما ازدادت الرطوبة الأرضية ازداد اتساع دائرة الضرر.

وعادة لا يلاحظ ضرر البرق إلا بعد مضى عدة أسابيع من وقت حدوثه. ويظهر الضرر فى صورة مساحة شبه دائرية قاحلة ماتت فيها كل النباتات أو معظمها. وعلى حواف هذه الدائرة تكون النباتات متوقفة جزئيًا عن النمو، ومعرضة بدرجة كبيرة للإصابات المرضية، لكن تختلف درجة الإصابة باختلاف النباتات.

ففى الكرنب ربما لا تكون الشحنة الكهربائية كافية لموت النباتات، وحينئذ فإنها تخترق الساق فى مستوى سطح التربة، محدثة ضررًا بسيطًا فى نسيج البشرة والحزم الوعائية، ثم تتخلل النخاع العصيرى؛ حيث تموت الخلايا النخاعية التى توجد أعلى وأسفل مكان اختراق الشحنة الكهربائية، تاركة فارغًا محاطًا بلون بنى داكن من أنسجة الخلايا الجافة التى تحللت. وقد يتبع ذلك ظهور جذور جديدة كثيرة منن المحيط الداخلى للحلقة الوعائية.

أما فى الطماطم، فإن الفرصة تكون أكبر لانتشار الشحنة الكهربائية خلال نخاع الساق، وتظهر أول الأعراض بعد ساعات قليلة من وقت تفريغ الشحنة فى صورة ذبول للأوراق الطرفية، يتبع ذلك ذبول فى باقى الأوراق والفروع، وانهيار السيقان المصابة. وقد يمتد الضرر خلال أعناق الثمار إلى داخلها؛ حيث يحدث بها تحلل جزئى. وقد يمتد الضرر إلى سطح الثمار؛ محدثًا بثورًا تتحول فى النهاية إلى اللون البنى.

ويتماثل الضرر فى البطاطس مع الضرر فى الطماطم. وقد تحدث أحيانًا أضرار للدرنات؛ فتظهر بها مساحات منخفضة داكنة غير منتظمة فى الشكل أو فى المساحة (Walker ١٩٦٩).

تأثير البَرَد على محاصيل الخضر

يُحدث البَرَد (الهيل) Hail أضرارًا شديدة لحقول الخضر، ويتوقف مدى الضرر على حجم حبات البَرَد وفترة انهماره. ويعد إتلاف الأوراق والسيقان وتكسيرها وإتلاف الأزهار وتجريح الثمار — ومن ثم نقص المحصول — أهم أضرار البَرَد.

ويمكن أن تصاب الثمار وأعضاء التخزين الأخرى بلفحة الشمس إذا أدى البَرَد إلى تجريد النباتات من أوراقها، ثم أعقب ذلك فترة من الجو الصحو والحرارة العالية.

وإذا أدت موجة البَرَد إلى إتلاف أوراق البصل فى نهاية موسم النمو، فإن النبات إما أن يُكوِّن أوراقًا جديدة متأخرة (إذا سمحت الظروف البيئية وعمليات الخدمة التى تعطى المحصول بذلك)؛ الأمر الذى يؤدى إلى إنتاج أبصال ذات رقاب سميكة — وهو

عيب فسيولوجى — وإما لا يُكوِّن النبات أوراقًا بديلة لتلك التى أتلفت؛ الأمر الذى يترتب عليه نقص المحصول، وتَعَرُّض الأبصال المتكونة للفحة الشمس إذا بقيت فى الأرض دون حصاد.

وقد أجرت عديد من شركات التأمين السويسرية، والألمانية، والهولندية (Bürger ١٩٩٣) دراسات حول تأثير البَرَد على محصول البطاطس؛ تبين منها أن أكثر مراحل النمو النباتى التى يتأثر فيها النبات بالبَرَد هى عند تفتح الأزهار، أو قبل ذلك أو بعده بفترة وجيزة. ويعود نقص المحصول — أساسًا — إلى نقص المساحة الورقية، بسبب إتلاف البَرَد للأوراق. هذا .. إلا أن غالبية الأصناف — وخاصة المتأخرة النضج منها — يمكنها إنتاج أوراق جديدة؛ ولذا .. يندر أن يفشل المحصول تمامًا بسبب البَرَد.

وإذا سقط البَرَد أثناء تفتح أزهار نباتات البطاطس، وأدى إلى إتلاف جميع أوراق النبات .. فإن المحصول ينخفض بمقدار ٦٠٪، بينما يؤدى تلف ٥٠٪ من الأوراق إلى نقص المحصول بمقدار ٢٠٪–٣٠٪.

وبالرغم من أن البَرَد لا يحدث ضررًا مباشرًا للدرنات — التى تكون تحت سطح التربة — إلا أنه يؤدى إلى نقص حجم الدرنات المتكونة ووزنها النهائى عند الحصاد، وزيادة محتواها من السكريات المختزلة؛ الأمر الذى يؤدى إلى اكتساب الشبش والبطاطس المقلية المصنعة منها لونًا بنيًّا أو أسود غير مرغوب فيه.

تأثير غاز ثانى أكسيد الكربون على محاصيل الخضر

تأثير الغاز على المناخ

بالرغم من الأهمية القصوى لغاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى، إلا أن الغاز ذاته لا يتغير بتغير المناخ السائد من منطقة لأخرى على سطح الكرة الأرضية، وإنما هو الذى يؤثر فى المناخ كله على سطح هذا الكوكب.

لقد أصبح من المسلم به أن النشاط الإنسانى المتزايد — المتمثل فى إحراق الوقود

الحفرى من فحم وبترول وغاز طبيعى، وإزالة الغابات، والإفراط فى الرعى وما ترتب على ذلك من تصحر — أدى إلى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وقد قدرت هذه الزيادة بنحو جزء ونصف إلى جزأين فى المليون سنويًّا منذ نحو ٢٥ عامًا. كما صاحب إحراق الوقود الحفرى زيادة مماثلة فى المطر الحامضى، وفى كل من غازات الأوزون، وثانى أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين.

كما أصبح من المسلم به كذلك أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى أدت — وتؤدى — إلى رفع درجة الحرارة على سطح هذا الكوكب؛ ذلك لأن الغاز يعد "شفافًا" بالنسبة للجزء المنظور من الموجات الضوئية الصادرة عن الشمس — وهى التى تشكل الجزء الأكبر من الطاقة التى تصل إلينا من الشمس — إلا أن جزيئات غاز ثانى أكسيد الكربون الموجودة فى الغلاف الجوى تمتص كثيرًا من الطاقة الحرارية التى تنطلق من الأرض فى صورة أشعة تحت حمراء طويلة الموجة، ثم تعيد إشعاعها — مرة أخرى — فى جو الأرض — بدلاً من انطلاقها إلى الفضاء الخارجى.

وقبل النشاط الإنسانى المتسارع منذ منتصف القرن العشرين كان تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بالقدر الذى يسمح بتسرب الطاقة الحرارية المنبثة من الأرض بما يكفى لاحتفاظ الأرض بتوازنها الحرارى. ولكن .. مع زيادة تركيز الغاز. أصبح قدر أكبر من الطاقة الحرارية المنبثة من الأرض يعود ثانية إلى جو الأرض بدلاً من انطلاقه إلى الفضاء الخارجى؛ الأمر الذى أدى — ويؤدى — إلى ارتفاع تدريجى فى درجة حرارة الأرض.

ونظرًا لأن غاز ثانى أكسيد الكربون يعمل — بالنسبة لكوكب الأرض — على منع فقد الحرارة المنبثة من الأرض — كما يفعل الغلاف الزجاجى بالنسبة للصوبة الزجاجية — لذا .. عُرفت هذه الظاهرة باسم "تأثير الصوبة Greenhouse Effect"، علمًا بأن المقصود بالصوبة هو كوكب الأرض.

وقد نشط الباحثون فى إيجاد الصيغ الرياضية التى تتنبأ بمقدار الزيادة فى درجة

حرارة كوكب الأرض مع زيادة تركيز نسبة الغاز فى الغلاف الجوى. وتُقدَّر هذه الزيادة فى إحدى الدراسات بنحو ٢,٨ °م عند تضاعف تركيز الغاز، بينما تقدرها دراسة أخرى بنحو ٢ °م عند خط الاستواء، مقابل زيادات أكبر فى درجة الحرارة كلما اتجهنا نحو القطبين؛ بحيث تكون الزيادة حوالى ٤ °م عند خط عرض ٥٠° شمالاً، وسبع درجات مئوية عند خط عرض ٧٠° شمالاً.

ويمكن تلخيص معظم التنبؤات المتعلقة بالارتفاع فى درجة حرارة كوكب الأرض عند تضاعف تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون بأن متوسط الارتفاع فى درجة الحرارة — عند مختلف خطوط العرض — سيتراوح بين ٢°, ٣,٥ °م، بمدى يتراوح بين ١,٦° و ٤,٥ °م، ومتوسط عام للكرة الأرضية يقدر بنحو ٢,٥°–٣ مْ، علمًا بأن التدفئة تصل إلى أقصاها عند القطبين؛ الأمر الذى يترتب عليه ذوبان جزء من الثلوج المتراكمة بها؛ مما يرفع من مستوى المياه فى البحار والمحيطات إلى درجة تغطية مياه البحار جزءًا كبيرًا من اليابسة.

ولكن .. مقابل هذه النظرة التشاؤمية لتلك الظاهرة، فإن هناك وجهة نظر أخرى أكثر إشراقًا؛ تعتمد على حقيقة أن التركيز الحالى لغاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى أقل من التركيز الأمثل لعملية البناء الضوئى. ويؤكد هذه الحقيقة أن زيادة تركيز الغاز فى البيوت المحمية — فى دول الشمال — إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون — مقابل التركيز العادى الذى يبلغ نحو ٣٥٠ جزءًا فى المليون — أصبح إجراء روتينيًا لزيادة محصول الصوبات من الخضر ونباتات الزينة.

ويتوقع العلماء أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ستؤدى إلى زيادة الإنتاج من مختلف المحاصيل الزراعية. ويُقدّر أن مضاعفة تركيز الغاز ستؤدى إلى زيادة معدل البناء الضوئى فى النباتات الـ C_3 بنحو ٥٠٪، مع زيادة المحصول والوزن الجاف من ٢٠٪–٤٥٪ (عن Wittwer ١٩٨٣).

وللقراءة المتعة فى هذا الموضوع .. يراجع جريبيين (١٩٩٢، ترجمة أحمد مستجير).

تأثير الغاز على النمو المحصولى تحت ظروف الحقل

تستفيد النباتات من زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بها، وهو أمر تؤكده عديد من الدراسات التى أجريت على النباتات النامية فى البيوت المحمية فى المناطق التى لا تلزم فيها التهوية لخفض درجة الحرارة، وخاصة عندما تكون حرارة الهواء الخارجي شديدة الانخفاض؛ الأمر الذى يخشى معه من حدوث انخفاض شديد فى درجة الحرارة داخل الصوبة عند تهويتها، أو الذى تترتب عليه زيادة كبيرة فى تكلفة التدفئة؛ ولذا يلجأ منتجو الخضر المحمية فى تلك المناطق إلى زيادة تركيز الغاز — بالوسائل الصناعية — فى جو الصوبة.

ونظرًا لصعوبة التحكم فى تركيز الغاز فى الزراعات المكشوفة؛ لذا .. لم يحاول أحد من الباحثين دراسة تأثير تركيز الغاز فى مثل هذه الظروف، إلا أن الأنفاق المنخفضة يمكن أن تمثل بيئة محددة يمكن التحكم فيها فى الأيام التى لا يجوز فيها فتحها لتهويتها بسبب شدة انخفاض الحرارة فى الجو الخارجي. ففى مثل هذه الظروف ينخفض تركيز الغاز بشدة من جَرّاء استنفاذه فى عملية البناء الضوئى، وتفيد زيادة تركيز الغاز — فى ظروف كهذه — فى زيادة المحصول. وتكون الزيادة فى المحصول أكبر عند زيادة تركيز الغاز عن المستوى الطبيعى له فى الهواء الجوى.

ففى دراسة أجريت على الخيار والكوسة والطماطم، أضيف الغاز إلى أنفاق الزراعة — من خلال أنابيب الرى بالتنقيط فى غير أوقات الرى — بحيث ظل تركيز الغاز داخل النفق يتراوح بين ٠,٠٧٪ و ١٪ (يبلغ التركيز الطبيعى للغاز حوالى ٠,٠٣٥٪) خلال فترة الإضاءة يوميًّا لمدة حوالى أربعة أسابيع بعد الإنبات. وقد أدت هذه المعاملة إلى زيادة الوزن الجاف للنباتات، وزيادة المحصول بنسبة ٣٠٪ للخيار، و ٢٠٪ للكوسة، و ٣٢٪ للطماطم. وقد شكّلت التغذية بثانى أكسيد الكربون أقل من ١٠٪ من التكلفة الإجمالية السابقة للحصاد (عن Hartz وآخرين ١٩٩١).

كما درس Fierro وآخرون (١٩٩٤) تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون من ٣٥٠ إلى ٩٠٠ جزء فى المليون لمدة ثمانى ساعات يوميًّا — خلال فترة إنتاج الشتلات

داخل البيوت المحمية — على نمو محصولى الطماطم والفلفل عند زراعتهما بعد ذلك تحت ظروف الحقل. ووجد الباحثون أن هذه المعاملة أدت — عند زيادة الإضاءة لمدة ٣ أسابيع قبل الشتل — إلى زيادة وزن الشتلات الجاف بنسبة حوالى ٥٠٪ للنموات القمية، و ٤٩٪، و ٦٢٪ للنمو الجذرى فى كل من الطماطم والفلفل على التوالى، بينما ازداد المحصول فيهما بنسبة ١٥٪، و ١١٪ على التوالى.

ملوثات الهواء الجوى وتأثيرها على نمو وتطور نباتات الخضر

أنواع الملوثات

يتلوث الهواء فى بعض المناطق ببعض المركبات التى تضر المزروعات ومن أوسع هذه المركبات انتشارًا وأكثرها ضررًا: غاز ثانى أكسيد الكبريت، والأوزون، وبدرجة أقل: غازات وأبخرة الكلور، والأمونيا، وحامض الأيدروكلوريك، وبعض الغازات الأخرى الأقل أهمية: مثل: الفلوريد، والإثيلين، وثانى أكسيد النيتروجين.

وقد قُدر أن ما يقرب من ١٢٥ مليون طن من ملوثات الهواء تنطلق سنويًا فى أجواء الولايات المتحدة الأمريكية وحدها. وهذه الملوثات تشمل: أول أكسيد الكربون بنسبة ٥٢٪ وأكاسيد الكبريت بنسبة ١٨٪ والهيدروكربونات بنسبة ١٢٪ وجزيئات مكونة للدخان بنسبة ١٠٪، وأكاسيد نيتروجين بنسبة ٦٪. ويرجع نحو ٦٠٪ من هذه الملوثات إلى وسائل النقل، وخاصة السيارات، و ١٩٪ للصناعة، و ١٢٪ لمحطات توليد الطاقة، و ٩٪ لأعمال التدفئة وحرق المخلفات (جانيك ١٩٨٥) ويكثر الإثيلين بالقرب من المناطق الصناعية، وغاز الفلور بالقرب من مصانع الألومنيوم، والزجاج، والسوبر فوسفات.

وبالرغم من وجود هذه الملوثات بتركيزات منخفضة فى الهواء، إلا أن النباتات عليها أن تتعامل مع كميات كبيرة جدًا من الهواء — بكل ما يحمله من ملوثات — لكى تحصل على حاجتها من غاز ثانى أكسيد الكربون. فيقدر — مثلاً — أنه لإنتاج محصول جيد من الذرة (حوالى ١٠٠ بوشل للفدان) فإن النباتات يجب أن تحصل على عشرة أطنان من غاز ثانى أكسيد الكربون. وللحصول على هذه الكمية .. فإنها يجب أن تتعامل مع

٣٣٥٠٠ طن من الهواء. وتتعرض النباتات أثناء ذلك لأخطار التعرض لمختلف المركبات التي تلوث الهواء الجوى (عن Ball ١٩٨٥).

تقسيم محاصيل الخضر حسب حساسيتها لملوثات الهواء الجوى

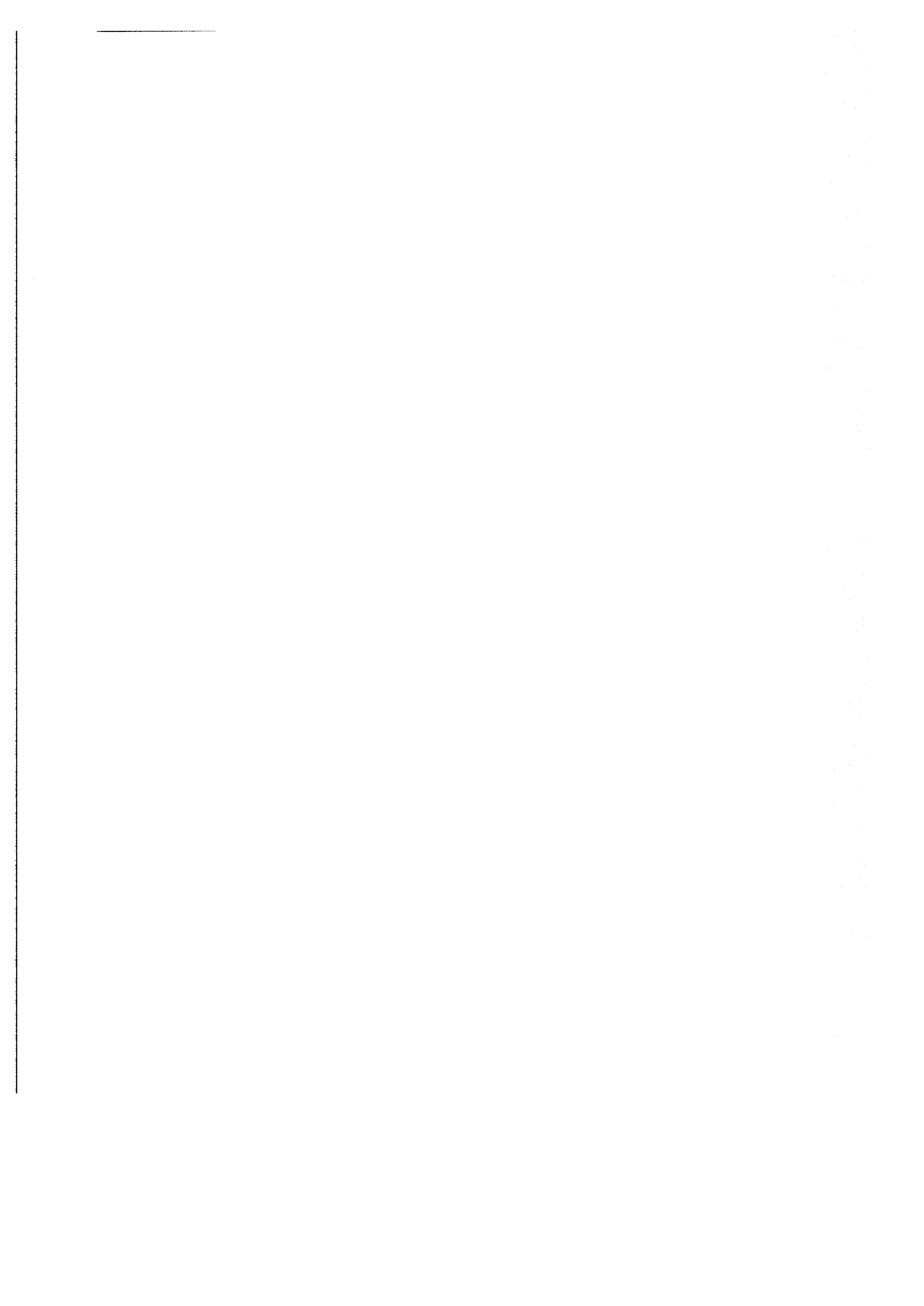
تختلف الأنواع النباتية كثيرًا فى مدى حساسيتها لمختلف ملوثات الهواء. ويبين جدول (٤-٦) هذا التباين بالنسبة لمحاصيل الخضر. يفيد التقسيم المبين بالجدول فى اختيار الأنواع المحصولية المناسبة للزراعة فى المناطق التى يزيد فيها تركيز تلك الملوثات (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

جدول (٤-٦): تقسيم محاصيل الخضر حسب حساسيتها للمركبات التى تلوث الهواء الجوى.

المركب	الخضروات		
	حساسة	متوسطة	قادرة على التحمل
الأوزون	الفاصوليا — البروكولى — البصل — البطاطس — الفجل — السبانخ — الذرة السكرية — الطماطم — القاوون	الجزر — الهندباء — البقدونس — الجزر الأبيض — اللفت	البنجر — الخيار — الخس
ثانى أكسيد الكبريت	الفاصوليا — البنجر — البروكولى — كرنب بروكسل — الجزر — الهندباء — الخس — البامية — الفلفل — القرع العسلى — الفجل — الروبارب — السبانخ — الكوسة — البطاطا — السلق السويسرى — اللفت	الكرنب — البسلة — الطماطم — القنبيط — الباذنجان — البقدونس	الخيار — البصل — الذرة السكرية — الكرفس — القاوون
الفلور	الذرة السكرية	—	الهليون — الكوسة — الطماطم
PAN	الفاصوليا — البنجر — الكرفس — الهندباء — الخس — المسترد — الفلفل — السبانخ — الذرة السكرية — السلق السويسرى — الطماطم	الجزر	البروكولى — الكرنب — القنبيط — الخيار — البصل — الفجل — الكوسة

تابع جدول (٤-٦).

المركب	الخضروات		
	حساسة	متوسطة	قادرة على التحمل
الإثيلين	الفاصوليا - الخيار - البسلة - اللوبيا - الجزر - الكوسة - البطاطا - - الطماطم	الجزر - الكوسة	البنجر - الكرنب - الهندباء - البصل - الفجل
الكلور	المسترد - البصل - الفجل - الذرة السكرية	الفاصوليا - الخيار - اللوبيا - الكوسة - الطماطم	الباذنجان - الفلفل
الأمونيا	المسترد	---	الطماطم



الفصل الخامس

العوامل الأرضية وتأثيرها على نباتات الخضر وطرق التعامل مع مشاكلها

نتناول فى هذا الفصل دراسة تأثير بعض العوامل الأرضية على نمو نباتات الخضر. أما دراسة هذه العوامل ذاتها، فإنها تدخل فى نطاق علم الأراضى؛ لذا .. فإننا نكتفى هنا بإعطاء فكرة مبسطة عنها؛ ليمكن استيعاب أهميتها بالنسبة لمحاصيل الخضر.

وبالرغم من أن العناصر الغذائية تعد من العوامل الأرضية، إلا نتناولها بالشرح تحت موضوع التسميد فى فصل لاحق.

أنواع الأراضى ومكوناتها

الأراضى إما أن تكون معدنية، وإما أن تكون عضوية. والأراضى المعدنية هى التى يقل محتواها من المادة العضوية عن ٢٠٪.

تقسم الأراضى المعدنية حسب محتواها من الرمل، والغِرّين (أو السلت)، والطين — وهو ما يعرف بالتحليل الميكانيكى للتربة إلى ثلاثة أقسام رئيسية؛ هى الأراضى الرملية Sandy، والطميية (أو الصفراء) Loamy، والطينية Clayey. وينقسم كل قسم رئيسى منها — بدوره — إلى عدة أقسام فرعية حسب قوامها texture، الذى يتوقف على تحليلها الميكانيكى.

أما الحصى (الحبيبات التى يزيد قطرها على ٢,٠ مم)، فيستبعد من التحليل الميكانيكى للتربة. وتعرف التربة التى تحتوى على ٢٠٪–٥٠٪ من وزنها حصى بأنها حصوية gravely، وتلك التى تزيد فيها نسبة الحصى حتى ٩٠٪ بأنها حصوية جدًّا. وتضاف تلك الصفة إلى الاسم الأصلى للتربة حسب قوامها (Millar وآخرون ١٩٦٩).

هذا .. وتزخر التربة بأعداد هائلة من الكائنات الدقيقة التى تعيش فيها من مختلف الأنواع النباتية والحيوانية. ويتوقف أعداد تلك الكائنات على محتوى التربة من المادة

العضوية الطازجة التى تستعملها هذه الكائنات كمصدر للطاقة. ويؤدى تسميد التربة بالأسمدة الحيوانية، أو قلب بقايا النباتات فيها إلى انتعاش كبير فى نشاط تلك الكائنات وزيادة أعدادها بدرجة هائلة، شريطة أن تكون حرارة التربة ونسبة الرطوبة فيها مناسبتين لتكاثر هذه الكائنات.

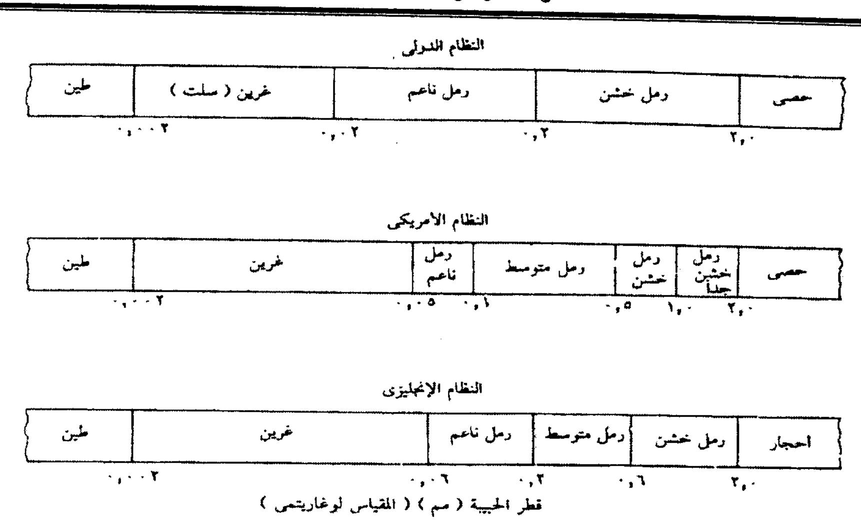
وتقدر كميات الكائنات التى تعيش فى التربة الخصبة على النحو التالى (عن Chispeels & Sadava ١٩٩٤).

أنواع الكائنات	الكمية بالكيلو جرام للهكتار
البكتيريا	٨٠٠
الفطريات	٣٣٠٠
البروتوزوا	٢٢٠
الطحالب	٢٧٥
الديدان والحشرات	١٠٢٠

وفى تقدير آخر ذُكِر أن المتر المكعب الواحد من الأراضى الزراعية الخصبة يحتوى على حوالى ٣ × $١٠^{١٤}$ (٣٠٠ جم) من الخلايا البكتيرية، و ٤٠٠ جم من الفطريات، و ٥ × $١٠^{٨}$ (٣٨ جم) من البروتوزوا، و ١ × $١٠^{٧}$ (١٢ جم) من النيماتودا. ولحسن الحظ فإن معظم هذه الكائنات لا تكون متطفلة على النباتات (عن Huang ١٩٨٥).

التحليل الميكانيكى للتربة وقوامها

يتوقف قوام التربة — كما أسلفنا — على تحليلها الميكانيكى؛ أى على نسبة مكوناتها من كل من الرمل، والسلت، والطين — ولكن تعريف هذه المكونات — الذى يعتمد على تحديد قطر حبيباتها — يتوقف على النظام المستعمل؛ فهو يختلف فى النظام الأمريكى (المحدد فى U. S. Dept. Agr. Handbook 18; 1951) عنه فى النظام الدولى International or Atterberg System، والنظام الإنجليزى. ويبين شكل (٥-١) مقارنة بين أقطار حبيبات مختلف مكونات التربة فى كل نظام منها (عن White ١٩٨٧).



شكل (٥-١)أقطار مختلف مكونات التربة فى النظام الدولى، والأمريكى، والإنجليزى.

هذا .. وتقسم المجموعات الرئيسية للأراضى • تبعًا لمكوناتها الفعلية من الرمل والسلت والطين – إلى الأقسام الفرعية التالية:

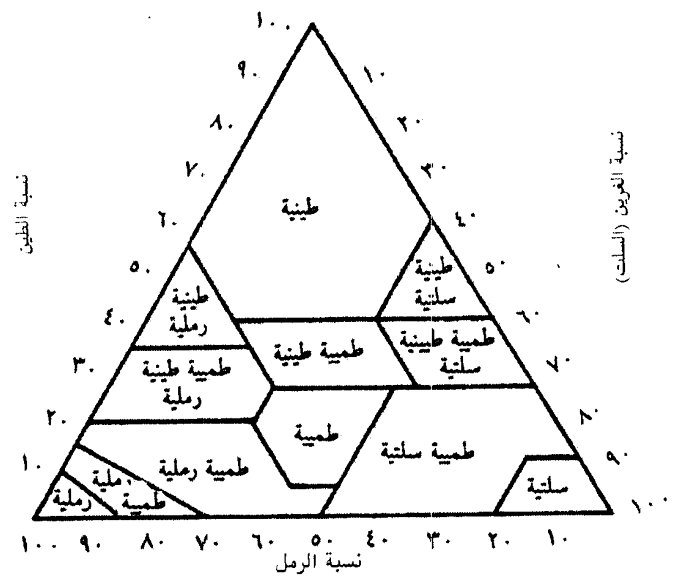
١- الأراضى الرملية (الخشنة القوام Coarse Tectured، أو خفيفة القوام Light Soils): هى كل الأراضى التى تكون فيها نسبة الرمل بالوزن ٧٠٪ أو أكثر، وتوجد منها الأراضى الرملية Sandy Soil، والرملية الطميية Sandy Loam وغيرهما.

٢- الأراضى الطينية (الدقيقة القوام Fine Textured، أو الثقيلة Heavy Soils): هى تلك التى تحتوى على ٣٥٪ على الأقل – وفى معظم التقسيمات ٤٠٪ على الأقل – من الطين، ومنها الأراضى الرملية الطينية Sandy Clay، والغرينية الطينية Silty Caly وغيرهما. وتجدر الإشارة إلى أن الأراضى الطينية الرملية تحتوى على رمل أكثر من الطين، وكذلك الحال بالنسبة للأراضى الغرينية التى تحتوى على سلت أكثر من الطين.

٣- الأراضى الصفراء أو الطميية Loams (المتوسطة القوام Medium Textured): هى أراض تحتوى على الرمل، والسلت، والطين بنسب تجعلها وسطا فى صفاتها، وتدخل تحتها أجود الأراضى الزراعية، ومنها الأراضى الغرينية الطميية Silt Loams، والطميية

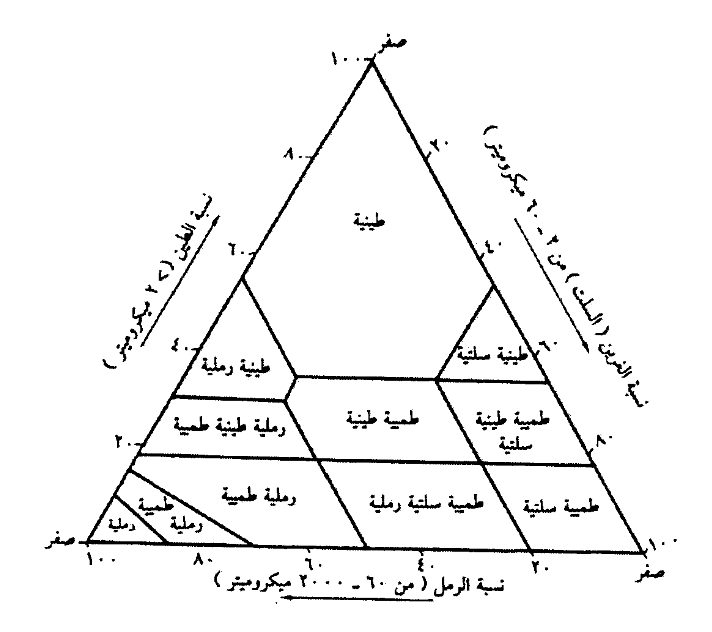
الطينية الغرينية Silty Clay Loams، والطينية الطميية Clay Loams وغيرهم (Buckman & Brady ١٩٦٠).

ويبين شكلا (٥-٢، و ٥-٣) نسبة كل من: الرمل، والسلت، والطين فى الأنواع المختلفة من الأراضى تبعًا للنظامين الأمريكى، والإنجليزى على التوالى. علمًا بأن قطر حبيبات مختلف مكونات التربة يختلف فى النظامين كما سبق بيانه فى شكل (٥-١) (عن Rowell ١٩٩٤).



شكل (٥-٢): نسبة الطين (أقل من ٠,٠٠٢ مم)، والسلت (٠,٠٠٢-٠,٠٥ مم)، والرمل (٠,٠٥-٢,٠ مم) فى التقسيمات الرئيسية لأنواع الأراضى تبعًا للنظام الأمريكى.

وترجع أهمية تحديد نسب مختلف مكونات التربة إلى علاقة ذلك المباشرة بمختلف صفات التربة الكيميائية والفيزيائية، كما سيأتى بيانه. ويكفى للتدليل على ذلك مقارنة عدد حبيبات التربة — من الأحجام المختلفة — فى الجرام، ومساحة أسطح تلك الحبيبات؛ كما فى جدول (٥-١).



شكل (٥-٣): نسبة الطين (أقل من ٠,٠٠٢ مم)، والسلت (٠,٠٠٢-٠,٠٦ مم)، والرمل (٠,٠٦-٢,٠ مم) فى التقسيمات الرئيسية لأنواع الأراضى تبعاً للنظام الإنجليزى.

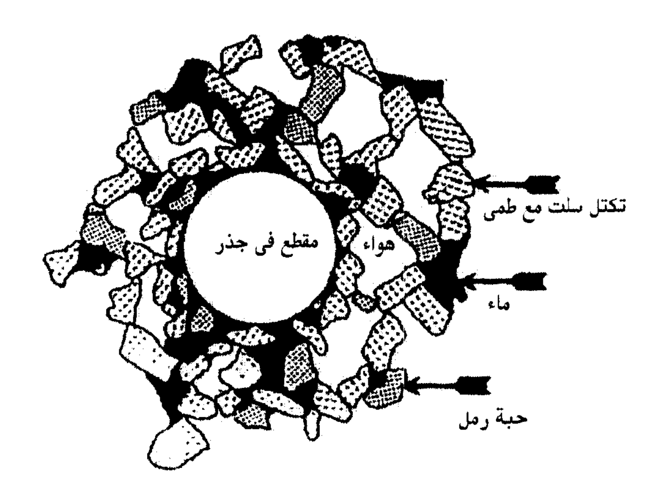
جدول (٥-١)قطر مختلف مكونات التربة، وأعدادها فى الجرام الواحد، ومساحة أسطحها.

الحبيبة	القطر بالمليمتر حسب النظام الأمريكى	عدد الحبيبات فى الجرام	المساحة المسطحة (بالسم٢) للحبيبات التى توجد فى جرام واحد
رمل خشن جدًا	٢,٠٠-١,٠٠	٩٠	١١
رمل خشن	١,٠٠-٠,٥٠	٧٢٠	٢٣
رمل متوسط	٠,٥٠-٠,٢٥	٥٧٠٠	٤٥
رمل ناعم	٠,٢٥-٠,١٠	٤٦٠٠٠	٩١
رمل ناعم جدًا	٠,١٠-٠,٠٥	٧٢٢٠٠٠	٢٢٧
سلت	٠,٠٥-٠,٠٠٢	٥٧٧٦٠٠٠	٤٥٤
طين	< ٠,٠٠٢	٩٠٢٦٠٨٥٣٠٠٠	٨٠٠٠٠٠٠

بناء التربة وتحببها

بناء التربة

يشير مصطلح بناء التربة Soil structure إلى تجمع aggregation حبيبات التربة الأولية (الرمل والسلت والطين) إلى حبيبات مركبة clusters تعمل كحبيبات مفردة تسمى تجمعات aggregates، أو كحبيبات ثانوية Secondary Particles، وتلك صفة جيدة ومرغوبة؛ إذ إن مثل هذه الأراضي تحتفظ بالرطوبة جيدًا بين الحبيبات الأولية داخل التجمعات، وفى نفس الوقت تكون التربة جيدة التهوية، أو تكون المسافات بين التجمعات مليئة بالهواء بعد صرف الماء الزائد بالجاذبية الأرضية. وقد تكون التجمعات صغيرة جدًا تصعب رؤيتها بالعين المجردة، أو أكبر حجماً ويمكن رؤيتها (شكل ٥-٤).



شكل (٥-٤): بناء التربة: التربة على اليمين عديمة البنية أو ذات حبيبات مفردة. التربة على اليسار ذات بناء جيد تتجمع فيها الحبيبات الأولية (الرمل والسلت والطين) معًا مكونة حبيبات مركبة أو تجمعات (Hanan ١٩٩٨).

وقد تكون التربة عديمة البناء structurless، ويوجد منها نوعان:

١- تربة ذات حبيبات مفردة Single Grained، كما فى الأراضى الرملية؛ حيث تبقى كل حبة مفردة.

٢- متكتلة Massive: وهى الإراضى الغنية بالطين، والتى تحرث وبها نسبة مرتفعة من الرطوبة؛ فتكون النتيجة ملء غرويات الطين للمسافات البينية بين الحبيبات الأولية الأكبر حجمًا؛ مما يجعل التربة أكثر كثافة، وتظهر بها كتل كبيرة بعد جفافها.

تحبب التربة

يعنى بالتحبب Granulation تكتل حبيبات الطين معًا لتكون تجمعات أكبر حجمًا؛ ولذلك أهمية كبيرة فى زيادة مسامية التربة، وتحسين التهوية بها. ويزداد تحبب التربة Granulation بفعل العوامل الآتية:

١- بزيادة نسبة المادة العضوية فى التربة؛ لأن حبيبات الطين تلتصق معًا بواسطة مادة الدبال Humus الناتجة من تحلل المادة العضوية، وبذلك تتكون تجمعات الطين.

٢- بزيادة الكالسيوم فى التربة يعمل على تجميع حبيبات الطين فى صورة تجمعات هشة، ويسمى ذلك Flocculation، وتصبح هذه التجمعات ثابتة عند التصاق حبيباتها الأولية بفعل المادة العضوية.

وعلى العكس من ذلك .. فإن للصوديوم تأثيرًا مخالفًا لتأثير الكالسيوم؛ إذ يعمل على تلاصق حبيبات الطين بعضها مع بعض ببطء ويتناسق، بحيث تكون الفراغات بينها قليلة جدًا (Buckman & Brady ١٩٦٠).

مسامية التربة ونفاذيتها

مسامية التربة

يعنى بدرجة المسامية Porosity نسبة الفراغات التى توجد بين حبيبات التربة. ولدرجة المسامية أهمية كبيرة فى تحديد إنتاجية التربة لتأثيرها على قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، وعلى تحرك الهواء بها، وسهولة نمو الجذور. وعندما تقل نسبة الفراغات بين حبيبات التربة عن ١٠٪ يقل بشدة تحرك الماء والهواء، ونمو الجذور خلال التربة.

العوامل المؤثرة فى مسامية التربة

تتأثر درجة مسامية التربة بالعوامل التالية:

١- **قوام التربة:** تزيد المسامية فى الأراضى الخشنة القوام (مثل الرملية) عنه فى الأراضى الطينية، والصفراء الطينية.

٢- **تجمعات التربة** Soil Aggregates: تزيد المسامية مع زيادة هذه التجمعات.

٣- كثرة عمليات العزيق والحرث ومرور الآلات الزراعية تؤدى إلى تفتيت تجمعات التربة، وإجراؤها عندما تكون الأرض شديدة الجفاف أو زائدة الرطوبة يؤدى إلى نفس النتيجة. كما أن كثرة مرور الآلات الزراعية يعمل على انضغاط التربة ونقص مساميتها.

تتوقف نسبة الفراغات على طريقة تراص حبيبات التربة. فإذا فرض مثلاً وجود كرة قطرها ٢,٥ سم، فإن حجمها يكون ٨,٥٨٨٣٦ سم^3. فإذا وضعت فى مكعب طول ضلعه ٢,٥ سم، فإنه يتبقى حولها فراغ قدره ٧,٨٠١٦٤ سم^3. ومعنى ذلك أن ٤٧,٦٪ من المكعب فراغ، والباقى وقدره ٥٢,٤٪ - تشغله الكرة. وينطبق ذلك على أية حالة تكون للمادة المالئة فيها كرات متساوية الحجم ومرصوصة فوق بعضها. أما إذا كانت الكرات متداخلة مع بعضها ومازالت بحجم واحد، فإن نسبة الفراغات تصبح ٢٥,٩٪.

ونظرًا لأن حبيبات التربة لا تكون كروية أو متساوية فى الحجم، لذلك فإن مقدار المسام أو الفراغات يختلف حسب حجم حبيبات التربة، ومدى انضغاطها. فتعمل حبيبات الطين على ملء الفراغات بين الحبيبات الأكبر؛ مثل: السلت والرمل؛ فتقل المسامية، بينما تعمل تجمعات التربة على زيادة المسامية.

ويوجد من الفراغات ما هو صغير micropores، وهذه تمتلئ غالبًا بالماء الذى لا يتحرك فيها إلا بالخاصية الشعرية، وما هو كبير macropores؛ حيث يتحرك الماء فيها بالجاذبية الأرضية، وتكون غالبًا ممتلئة بالهواء. وأفضل الأراضى هى التى تكون المسام فيها موزعة بالتساوى بين الحجم الصغير الذى يشغله الماء، والحجم الكبير الذى يشغله الهواء.

طريقة حساب نسبة الفراغات فى التربة

تحسب نسبة الفراغات فى التربة بالمعادلة التالية:

$$n = 100 (1 - A_S / R_S)$$

حيث إن:

n = نسبة الفراغات.

A_S = كثافة التربة الظاهرية Apparent Specific Graviety، وهى حاصل قسمة كتلة جافة من التربة على حجمها.

R_S = كثافة التربة الحقيقية Real Specific Graviety، وهى حاصل قسمة وزن كتلة جافة من التربة على الحجم الحقيقى الذى تشغله حبيبات هذه الكتلة.

تتراوح الكثافة الحقيقية عادة بين ٢,٥ وأكثر من ٥,٠، تبعًا لأنواع المعادن التى تتكون منها الأراضى المختلفة. لكن الكثافة الحقيقية لمعظم الأراضى تبلغ حوالى ٢,٦٥.

وتتراوح نسبة الفراغات فى معظم الأراضى الزراعية بين ٣٥٪ و ٥٥٪.

نفاذية التربة

تعرف درجة نفاذية التربة Infiltration rate بأنها سرعة نفاذيتها للماء خلال فترة زمنية. فلو فرض وأضيف ٥ سم من الماء إلى سطح التربة، وبعد ساعة كان المتبقى ٢ سم، تكون درجة النفاذية ٣ سم/ساعة، مع فرض تجاهل الماء المفقود بالتبخر.

العوامل المؤثرة فى نفاذية التربة

تتأثر نفاذية التربة بنفس العوامل التى تؤثر على مساميتها؛ لأن نفاذية التربة تتوقف — أساسًا — على مدى مساميتها؛ ولذا .. فإن نفاذية التربة تتأثر بالعوامل التالية:

١- قوام التربة: تزداد درجة النفاذية فى الأراضى الرملية، عنها فى الأراضى الثقيلة، وتقسم الأراضى حسب درجة نفاذيتها إلى أربعة أقسام؛ كما يلى:

أ- أراضٍ ذات نفاذية عالية جدًا (أكثر من ١٠٠ ملليمتر/ساعة؛ وتشمل الأراضي الرملية الخشنة، والطميية الخشنة، والطميية الرملية.

ب- أراضٍ ذات نفاذية عالية (من ٢٠-١٠٠ ملليمتر/ساعة)؛ وتشمل: الأراضي الرملية الطميية، والرملية الناعمة الطميية، والطميية الرملية الناعمة.

جـ - أراضٍ ذات نفاذية متوسطة (من ٥-٢٠ ملليمتر/ساعة)؛ وتشمل الأراضي الطميية، والسلتية الطميية، والطينية الطميية.

د- اراضٍ ذات نفاذية منخفضة (أقل من ٥ ملليمتر/ساعة)؛ وتشمل: الأراضي الطينية، والسلتية الطينية، والرملية الطينية (Fordham & Biggs ١٩٨٥).

٢- تجمعات حبيبات التربة: إذ إن المسافة بين هذه التجمعات هي التي يمر خلالها الماء بالجاذبية الأرضية.

٣- درجة انضغاط التربة.

٤- الفترة بين الريات: فتزداد النفاذية بزيادة الفترة بين الريات.

انضغاط التربة وتأثيره على النمو النباتي فيها

يؤدي **انضغاط التربة** Soil Compaction إلى زيادة كثافتها الظاهرية ونقص مساميتها. ويحدث الانضغاط عند كثرة مرور الآلات الزراعية الثقيلة على التربة دونما داع، وكذلك عند محاولة حرثها أو عزيقها قبل أن تصبح "مستحرثة"، أي قبل أن تنخفض رطوبتها -- عقب الري أو المطر الغزير -- إلى نحو ٥٠٪ من رطوبتها عند السعة الحقلية، وعند كثرة عزيق التربة وخدمتها وهي جافة؛ الأمر الذي قد يفتت تجمعات التربة.

ويتبين من دراسات Tu & Buttery (١٩٨٨) وجود علاقة عكسية بين شدة انضغاط التربة وبين كل من الوزن الكلي للمجموع الجذري، والنمو الخضري، والمساحة الكلية للأوراق في كل من الفاصوليا وفول الصويا.

ومن السمات المميزة للنمو النباتي في الأراضي المنضغطة: ضعف النمو الخضري والنمو الجذري، وظهور أعراض الشد الرطوبي، ونقص العناصر بسبب ضعف النمو

الجذرى، ونقص المحصول. كما تزيد الإصابة بأمراض الجذور؛ بسبب سوء تهوية التربة وضعف نفاذيتها للماء (عن Aljibury وآخرين ١٩٨٢).

يضعف النمو الجذرى — بشدة — فى الأراضى المنضغطة عندما تزيد قراءة مقاومة التربة لجهاز الـ Penetrometer عن ٢,٠ ميجا باسكال MPa. ويرجع ذلك — عندما تكون التربة قليلة الرطوبة — إلى عدم توفر ضغط امتلاء Turger Pressure كافٍ فى خلايا الجذر للتغلب على المقاومة الميكانيكية للتربة. كما يرجع ضعف النمو الجذرى فى الأراضى المنضغطة — حينما تكون رطوبتها عالية — إلى عدم توفر الأكسجين فيها بالقدر المناسب لتنفس الجذور واستمرار نموها.

ويقود النمو الجذرى المحدود للنباتات فى هذه الأراضى إلى ضعف مقابل فى النمو الخضرى، ونقص فى المحصول؛ بسبب ضعف امتصاص المجموع الجذرى للماء والعناصر المغذية.

ومما يزيد من حدة المشكلة أن محاولة التغلب على مقاومة التربة لاختراق الجذور لها — بزيادة معدلات الرى — يؤدى إلى زيادة نشاط البكتيريا اللاهوائية التى تحول الآزوت المتوفر فى التربة — والميسر لامتصاص النبات — إلى نيتروجين غازى لا يستفيد منه النبات.

وقد توصل بعض الباحثين إلى أن محدودية النمو الجذرى فى الأراضى المنضغطة ربما تتسبب فى إنتاج هرمونات معينة — فى الجذور — تتحكم فى نمو المجموع الخضرى للنبات وتحد منه. وقد لوحظت بالفعل زيادة فى مستويات حامض الأبسيسك، والإثيلين، و 1H-indole-3-acetic acid فى جذور النباتات النامية فى أراضٍ منضغطة، ولكن يحتاج هذا الأمر إلى إجراء مزيد من الدراسات للتأكد من حقيقته.

وقد تراوح مقدار النقص فى المحصول الناشئ عن انضغاط التربة — عادة — بين ٢٠٪ و ٥٠٪ فى المحاصيل الحقلية، وبلغ — فى المتوسط — ٥٦٪ فى تسعة أنواع من الخضروات، حيث كان ١٣٪ فى البطيخ، و ٥٥٪ فى الذرة السكرية، و ٦٥٪ فى الكرنب، و ٦٦٪ فى الخيار، و ٧٥٪ فى الفاصوليا الخضراء.

ويستدل من دراسات Wolfe وآخرين (١٩٩٥) على أن بادرات الكرنب النامية في تربة منضغطة كانت أكثر تعرضًا للإصابة بالخنفساء البرغوثية. وأدت التربة المنضغطة إلى تأخير الحصاد ونقص المحصول بنسبة ٣٤٪ في الذرة السكرية، و ٤١٪ في الخيار، و ٤٩٪ في الفاصوليا الخضراء، و ٧٣٪ في الكرنب.

الأهمية التطبيقية لنوع قوام التربة

تأثير قوام التربة على عمليات الخدمة الزراعية

تتأثر عمليات الخدمة الزراعية باختلاف قوام التربة كما يلي:

١- الأراضي الثقيلة:

أ- لا تحرث التربة إلا عندما تصبح مستحرثة؛ أي عندما تصل نسبة الرطوبة بها إلى ٥٠٪ من اللسعة الحقلية.

ب- يكون الحرث عميقًا لتحسين التهوية.

جـ- يكون الري بطيئًا؛ لأن الأراضي الثقيلة تحتفظ بكميات كبيرة من الماء.

د- تطول المدة بين الريات.

هـ- تلزم العناية بالصرف.

و- يلزم الري الخفيف قبل الإنبات إذا تشققت التربة حتى لا تنقطع الجذور.

٢- الأراضي الخفيفة:

أ- يكون الحرث سطحيًا؛ لأن التربة مفككة بطبيعتها، مع تزحيف الأرض جيدًا لزيادة انضغاط التربة.

ب- لا تزرع إلا بالطريقة العفير؛ أي زراعة البذور الجافة في أراضٍ جافة، ثم الري.

جـ- يكون الري سريعًا.

د- تقصر المدة بين الريات (مرسي وآخرون ١٩٥٩).

ويمكن إيجاز مزايا ومشاكل مختلف أنواع الأراضي تبعًا لقوامها، فيما يلي (عن Rowell ١٩٩٤):

التربة	المزايا	المشاكل
الصفراء loams	سهولة صرف الماء الزائد – الاحتفاظ الجيد بالماء لاستعمال النبات – سهولة الحراثة والعزيق عند مستويات مختلفة من الرطوبة الأرضية – توفر العناصر المغذية لاستعمال النبات	
الرملية الخشنة	سهولة الصرف – سهولة الحراثة – تدفأ سريعًا في الربيع	ضعف القدرة على الاحتفاظ بالماء لاستعمال النبات – قلة توفر العناصر لاستعمال النبات – ضعف القدرعلى الاحتفاظ بالعناصر المسمد بها.
الرملية الناعمة والسلتية	سهولة الحراثة	عرضة للتعرية والانضغاط وتكوين القشور السطحية
الطينية	توفر العناصر المغذية لاستعمال النبات – الاحتفاظ الجيد بالعناصر المسمّد بها – الاحتفاظ بالماء لاستعمال النبات	صعوبة صرف الماء الزائد – قد تصبح غدقة – زيادة القوة اللازمة للحراثة – سهولة تكتلها إذا حُرثت وهي رطبة – شديدة الصلابة وهي جافة – لا تجرى الحراثة إلاّ في مدى محدود من الرطوبة الأرضية – تدفأ ببطء في الربيع
الصخرية	—	تتعرض النباتات فيها لشدّ الجفاف بسبب ضعف حجم التربة الذى يحتفظ بالماء – صعوبة الحراثة وسرعة استهلاك الآليات بفعل الاحتكاكات –زيادة فقد العناصر بالرشح

(عن Rowell ١٩٩٤).

تأثير نوع وقوام التربة على محاصيل الخضر

يتأثر إنتاج الخضر بنوع وقوام التربة على النحو التالى:

١- تعتبر الأراضى الرملية أنسب الأراضى لإنتاج محصول مبكر. لكن المحصول يكون عادة منخفضًا فيها؛ لعدم مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

٢- تعتبر الأراضى الطميية الرملية أنسب أنواع الأراضى لزراعة محاصيل الخضر؛ لأن قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة وخصوبتها تكون أعلى منها فى الأراضى الرملية، ولأن قوامها يكون أخف مما هو فى الأراضى السلتية والطينية، ويمكن خدمتها بسهولة، كما أن محصولها يكون أكبر منه فى حالة الزراعة فى الأراضى الأثقل.

٣- تعتبر الأراضى الطميية السلتية أنسب أنواع الأراضى لزراعة محاصيل الخضر عندما يكون الهدف هو إنتاج محصول غزير ولا يهم التبكير فى النضج.

٤- من أبرز عيوب الأراضى السلتية تكوين طبقة سطحية تسمى بالقشرة crust. هذه الطبقة تتصلب عند جفاف التربة ولا تتفتت، وتعوق إنبات بذور الخضر؛ حيث تبطئ من وصول الأكسجين إلى البذور من جهة، وتشكل حاجزًا أمام بزوغ البادرات على سطح الأرض من جهة أخرى؛ وبذلك تقل نسبة الإنبات، كما أنه لا يكون منتظمًا. ويمكن تجنب هذه المشكلة، إما بجعل سطح التربة رطبًا بصفة دائمة برذاذ خفيف من الماء، وإما برش سطح التربة على خطوط الزراعة بمحلول ١٪ من زانثات السيليلوز Cellulose Xanthate. تعطى هذه المعاملة نتائج جيدة، دون أن تضر بالبادرات؛ نظرًا لسرعة ادمصاص المركب على سطح حبيبات التربة.

٥- أما الأراضى الطينية، فإنها لا تصلح لزراعة محاصيل الخضر بصفة عامة، والجذرية منها بصفة خاصة.

٦- تعتبر الأراضى العضوية أصلح الأراضى لزراعة الكرفس، والخس، والبصل، وتناسب زراعة بعض الخضروات الأخرى؛ مثل الجزر، والبنجر، والكرنب، والبطاطس.

استغلال الأراضى الرملية فى إنتاج الخضر

تعتبر النفاذية العالية من أهم عيوب الأراضى الرملية الخشنة القوام؛ فهى لا تحتفظ بالرطوبة عقب الرى، بل يرشح منها ماء الرى بسرعة كبيرة إلى باطن الأرض، وفى ذلك إهدار كبير لمياه الرى، وزيادة فى تكلفة الإنتاج؛ نظرًا للحاجة إلى تكرار عملية الرى على فترات زمنية أقصر مما فى حالة الزراعة فى الأراضى المتوسطة والثقيلة القوام.

وتتطلب الزراعة فى مثل هذه الأراضى استعدادات خاصة؛ منها:

١- هذه الأراضى لا تصلح معها طريقة الرى السطحى المعروفة، لكن إذا اتبعت معها هذه الطريقة، فيجب على الأقل تبطين قنوات الرى بالأسمنت أو البلاستيك الأسود لمنع تسرب الماء منها.

٢- يجب أن تتبع فيها طرق الرى التى توفر كثيرًا من كمية المياه المستخدمة؛ مثل: الرى بالرش، أو بالتنقيط.

٣- يفيد خلط الطبقة السطحية من التربة فى هذه الأراضى بمركبات محبة للماء - وذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة - فى زيادة احتفاظ الأرض بالماء. تعرف هذه المواد باسم Soil Conditioners، وجميعها من البوليميرات التى تستخدم بمعدل ٠,٢ جم من البوليمر القابل للذوبان، أو ١٠ جم من البوليمر المستحلب لكل كيلو جرام من التربة، ومن أهم أنواعها ما يلى (عن White ١٩٨٧).

البوليمرات الذائبة	البوليميرات المستحلبة
Polyvinyl alcohol (PVA)	Bitumen
Polyacrylamide (PAM)	Polyvinylacetate (PVAc)
Polyethyleneglycol (PEG)	Polyurethane

ومن أمثلة التحضيرات التجارية لهذه المركبات ما يلى (عن الزراعة فى العالم العربى - ١٩٨٧ - المجلد الثالث - العدد الأول).

أ- أجروسوك Agrosoke: إنتاج Chem. Discoveries بالمملكة المتحدة، ويمتص

حتى ٣ ضعف وزنه من الماء. تنتج نفس الشركة مركب إيروسل Erosel الذى يخلط بالطبقة السطحية من التربة لتحسين إنبات البذور.

ب- جالشاكتى Jalshakti: مُنتج هندى يمتص حتى ١٠٠ ضعف وزنه من الماء.

جـ- هموزورب Homosorb: يمتص حتى ١٥٠ ضعف وزنه من الماء.

د- برودليف بى٤ Broadleaf P4: إنتاج Agr. Polymers بالملكة المتحدة، ويمتص حتى ٤٠ ضعف وزنه.

هـ - أكواستور Aquastore: إنتاج شركة Cyanamid، ويمتص حتى ٥٠٠ ضعف وزنه من الماء.

تتميز هذه المركبات بما يلى:

أ- تمتص مياه الأمطار فلا تفقد بالتبخير، ومياه الرى فلا تفقد بالرشح.

ب- تُحسن تهوية التربة.

جـ- لا تتحلل فى التربة، وتكفى معاملة واحدة منها.

تفيد هذه لمركبات فى تقليل صدمة الشتل، وزيادة كفاءة استخدام المياه، وتحسين النمو النباتى، وزيادة المحصول.

تخلط هذه المركبات بالتربة إلى العمق المناسب — الذى تنتشر فيه الجذور — إما يدويًا، وإما آليًا. فمثلاً .. يخلط الأجروسوك بالطبقة السطحية من التربة حتى عمق ١٠ سم. ويكفى كيلو جرام واحد منه لكل طن من الأرض الرملية، أى نحو طن لكل هكتار من الأرض. ويستخدم الأكواستور بمعدل كيلو جرام واحد لكل متر مكعب من الأرض الرملية. أما الهموزورب فيستخدم بمعدل ١٥-٢٠ جم/م^{٢} من الأرض.

ويتبين من دراسات Letey وآخرين (١٩٩٢) أن هذه البوليميرات تقوم بامتصاص الماء والاحتفاظ به عند إضافتها إلى مخاليط التربة فى أصص الزراعة، ويبقى هذا الماء ميسرًا لاستعمال النبات، وربما يفيد فى زيادة طول الفترة بين الريات، إلا أن تلك الزيادة تراوحت بين يوم واحد وسبعة أيام فقط. وتحققت أكبر فائدة من البوليمرات عندما استعملت مع مخاليط الزراعة ذات النفاذية العالية.

ويستدل من هذه الدراسة كذلك على أن استعمال البوليمرات لم يوفر فى مياه الرى؛ لأنها لم تؤثر على مجموع الماء المفقود بكل من النتح والتبخر السطحى، وأن إطالة الفترة بين الريات يستلزم — بداية — زيادة كمية مياه الرى المضافة للوصول بالرطوبة إلى السعة الحقلية.

ويستفاد من هذه الدراسة — التى أجريت فى الأصص — أن هذه البوليمرات إذا استخدمت فى الزراعات الحقلية يمكن أن تفيد فى الأراضى الرملية الخشنة؛ حيث يمكن إعطاء ريات غزيرة على فترات متباعدة دون تعرض ماء الرى للفقد بالرشح.

٤- تستجيب الأراضى الرملية — بشدة — للتسميد العضوى الجيد، الذى يفيد فيما يلى:

أ- توفير قدر من العناصر الغذائية للنبات، مع تيسر تلك العناصر بصورة تدريجية أثناء تحلل المادة العضوية.

ب- تشجيع نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة، وهى التى تعمل بدورها على تيسر العناصر الغذائية — المثبتة فى التربة — لاستعمال النبات.

جـ- يعمل الدبال (وهو الناتج النهائى لتحلل المادة العضوية) على تحسين بناء التربة؛ حيث إنه يعمل على تكوين تجمعات التربة Soil Aggregates.

د- كما يعمل الدبال على زيادة احتفاظ التربة بالرطوبة.

هـ- يفيد الدبال كثيرًا — كذلك — فى تقليل رشح الأسمدة مع مياه الصرف؛ بادمصاصه لكاتيونات العناصر المغذية؛ مثل الأمونيوم، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والمنجنيز، والنحاس، والحديد، والزنك.

قدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر المغذية

السعة التبادلية الكاتيونية للتربة

تحمل غرويات التربة — سواء أكانت غرويات الطين، أم الغرويات العضوية — شحنات سالبة بكثرة، وتزداد أعداد الشحنات السالبة على الغرويات العضوية كلما

ازدادت درجة تحللها. هذه الشحنات السالبة تجذب إليها الكاتيونات المختلفة، مثل: الكالسيوم، والبوتاسيوم، والمغنسيوم، والأيدروجين، والصوديوم، والأمونيوم، فتدمص على سطح هذه الغرويات.

ويعبر عن عدد مواقع ادمصاص الكاتيونات لكل وحدة من وزن التربة بالسعة التبادلية الكاتيونية Soil Cation Exchange Capacity، وتحسب بالمللى مكافئ millequivalents لكل ١٠٠ جرام من التربة المجففة؛ وهى تساوى عدد ملليجرامات أيون الأيدروجين H^+ التى تتحد بمائة جرام من التربة الجافة.

هذا .. وتكون السعة التبادلية الكاتيونية قليلة جدًا، ولا تذكر فى كل من السلت والرمل، وتتراوح بين ٨ و ١٠٠ مللى مكافئ فى الأنواع المختلفة من غرويات الطين، وتصل إلى ٢٠٠ فى المادة العضوية. وعليه .. تبلغ قيمة السعة التبادلية الكاتيونية أقل من ٥ فى الأراضى التى تحتوى على نسبة قليلة جدًا من الطين، وتصل إلى ٢٠٠ فى الأراضى العضوية.

ويبين جدول (٥-٢) السعة التبادلية الكاتيونية لمختلف مكونات التربة وفى مختلف أنواع الأراضى (عن Archer ١٩٨٥).

ويتم — عمليًا — تقدير السعة التبادلية الكاتيونية للتربة بالمعادلة التالية:

السعة التبادلية الكاتيونية = (النسبة المئوية للمادة العضوية فى التربة × ٢) + (النسبة المئوية للطين فى التربة × ١/٢).

ويعد انخفاض السعة التبادلية الكاتيونية من أهم عيوب الأراضى الرملية؛ لما يترتب على ذلك من عدم قدرة هذه الأراضى على الاحتفاظ بأيونات العناصر الغذائية الموجبة الشحنة. ولذا تفيد كثيرًا إضافة الأسمدة العضوية إلى هذه الأراضى — خاصة فى خطوط الزراعة — حيث تحدث تلك الأسمدة زيادة ملموسة فى كل من السعة التبادلية الكاتيونية، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة فى منطقة نمو الجذور.

جدول (٥-٢): السعة التبادلية الكاتيونية لمختلف مكونات التربة ومختلف أنواع الأراضى.

نوع التربة أو مكوناتها	مللى مكافئ / ١٠٠ جم
الرمل والسلت	٣
الطين	
الكالونيت Kalonite	٥
الإيليت ilite، والكلوريت chlorite	٣٠
المونت موريللونيت montmorillonite	١٠٠
المادة العضوية	١٠٠-٢٠٠
الأراضى الرملية	٥
الأراضى الطميية الخفيفة	١٠
الأراضى الطميية	٢٠
الأراضى الطينية	٣٠

النسبة المئوية للتشبع القاعدى وأهميته

النسبة المئوية للتشبع القاعدى Percent Base Saturation هى النسبة المئوية للقواعد المتبادلة (Ca^{++}, K^{+}, Mg^{++}, Mn^{++}, Na^{++} ... إلخ) من السعة التبادلية الكلية، أما الباقى، فيكون أيدروجينًا. فلو كانت السعة التبادلية ٢٠ مللى مكافئ لكل ١٠٠ جم من التربة الجافة، وكان الأيدروجين المتبادل ٤ مللى مكافئ لكل ١٠٠ جم، فإن ذلك يعنى أن نسبة التشبع القاعدى تساوى ٨٠٪.

وترجع أهمية نسبة التشبع القاعدى إلى أن تيسر العناصر المتبادلة للنبات لا يكون بوفرة إلا عندما تكون هذه النسبة مرتفعة، ويتضح ذلك من المثال التالى (عن Buckman & Brady ١٩٦٠).

الكالسيوم المتبادل (مللى مكافئ/١٠٠ جم تربة)	السعة التبادلية (مللى مكافئ/١٠٠ جم تربة)	التشبع بالكالسيوم (٪)	تيسر الكالسيوم للنبات
٦	٨	٧٥	ميسر
٦	٣٠	٢٠	غير ميسر

ادمصاص الأنيونات

تعد قدرة التربة على ادمصاص الأنيونات Anion Adsorption منخفضة، مقارنة بقدرتها على ادمصاص الكاتيونات. وتتوفر القدرة المحدودة على ادمصاص الأنيونات في المواقع النشطة بكل من أكاسيد الحديد والألومنيوم، ومعادن الطين (وخاصة معدن الكالونيت الذى تكثر فيه مجموعة الأيدروكسيل OH^-)، والمركبات المعقدة من كل من الحديد والألومنيوم مع المادة العضوية، وكربونات الكالسيوم. وتتركز أهمية هذا الموضوع فيما يعرف بالـ ligand exhange بين الأنيونات ومجموعة الأيدوركسيل؛ حيث يدمص أيون الفوسفات، وبدرجة أقل أيون الكبريتات.

وتساعد بعض التفاعلات الكيميائية فى التربة — وخاصة تفاعلات الفوسفات — في الإبقاء على بعض الأنيونات لاستعمال النبات.

كلب (أو خلب) العناصر

يحتفظ ببعض العناصر فى التربة، وخاصة الحديد، والنحاس، والزنك، والموليبدنم في صورة مخلبية كجزء من المادة العضوية التى تتوفر فى التربة (عن Archer ١٩٨٥).

الرقم الأيدروجينى، أو تفاعل التربة وأهميته

تعريف الرقم الأيدروجينى للتربــــة

يعبر عن درجة حموضة التربة بالرقم الأيدروجينى pH، ويقع pH غالبية الأراضي بين ٥,٠، و ٩,٠، وتقسم الأراضى حسب الرقم الأيدروجينى إلى الأقسام التالية:

التصنيف	الرقم الأيدروجينى (pH)
شديدة الحموضة	٥,٠–٥,٥
معتدلة الحموضة	٥,٥–٦,٠
حامضية قليلاً	٦,٠–٧,٠

التصنيف	الرقم الأيدروجينى (pH)
متعادلة	٧,٠
قلوية قليلاً	٧,٠-٨,٠
معتدلة القلوية	٨,٠-٨,٥
شديد القلوية	٨,٠-٩,٥

يرتفع pH الأراضى الصحراوية — دائمًا — عن ٨,٠؛ حيث يتراوح — غالبًا — بين ٨,٠، و ٨,٥، بينما يصل الرقم إلى ٩,٠ فى الأراضى الجيرية.

ويلاحظ أن كل تغير مقداره وحدة pH واحدة يقابله تغير نسبى مقداره عشرة أضعاف فى حموضة أو قلوية التربة. فمثلاً .. تزداد حموضة التربة عشرة أضعاف عند تغير الـ pH من ٦ إلى ٥.

وتجدر الإشارة إلى أن pH التربة يتوقف على تركيز الأملاح فى المحلول الأرضى وعلى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون بهواء التربة، وكلاهما يتغير باستمرار. كذلك يختلف pH التربة كثيرًا من مكان لآخر بالحقل. ويعنى كل ذلك صعوبة تقدير pH التربة بدقة (Russell ١٩٧٣).

وتعد الأراضى ذات قدرة تنظيمية عالية Highly Bufferd ضد التغير فى الـ pH، ويرجع ذلك إلى العوامل التالية:

١- توفر أملاح الكربونات والفوسفات والأملاح الأخرى فيها.

٢- السبب الرئيسى هو طبيعة غرويات التربة العضوية وغير العضوية، التى تعمل كحامض متأين قليلاً، أو كملح متأين قليلاً لحامض ضعيف؛ ولذا .. نجد أن تعديل pH التربة يصبح أكثر صعوبة كلما ازدادت نسبة المادة العضوية أو الطين فيها.

ولكن يمكن رفع الرقم الأيدروجينى (pH) فى الأراضى الحامضية بإضافة الحجر الجيرى limestone (كربونات الكالسيوم)، أو الحجر الجيرى الدولوميتى dolomitic lime (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم)، أو أكسيد الجير (أكسيد الكالسيوم) إليها. كما

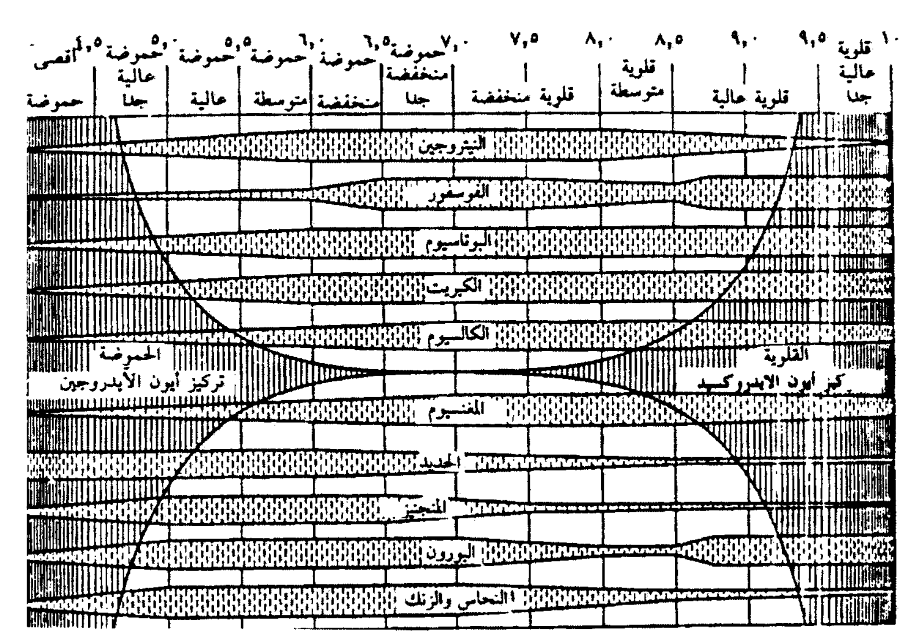
يمكن خفض الرقم الأيدروجينى فى الأراضى القلوية بإضافة الكبريت أو الجبس الزراعى (كبريتات الكالسيوم). وفى أى من الحالتين، فإن المواد المستعملة تجب إضافتها قبل الزراعة بوقت كاف، مع خلطها جيدًا بالعشرة سنتيمترات العلوية من التربة. وتفضل إضافة كميات معتدلة سنويًا عن إضافة كميات كبيرة كل عدة سنوات (Lorenz & Maynard ١٩٨٠). ونتناول هذا الأمر بشئ من التفصيل فى موضع لاحق من هذا الفصل.

هذا .. ويقدر pH التربة — عادة — بعد رج جزء من التربة بالوزن مع ٢,٥ أو ٥ أجزاء من الماء المقطر بالحجم وغمس أطراف القطبين الزجاجي والكالوميل calomel المرجعى فى المحلول الرائق. وفى كثير من معامل التربة يقدر الـ pH فى ٠,٠١ مول كلوريد كالسيوم فى نسبة ١ : ٥ من التربة إلى السائل. ويقل تقدير الـ pH فى هذه الطريقة بنحو ٠,٦–٠,٨ وحدة عما فى حالة استخدام الماء المقطر عند نفس النسبة من التربة إلى السائل (White ١٩٩٧).

تأثير pH التربة على تيسر العناصر الغذائية

يتوقف مدى تيسر العناصر الغذائية بالتربة على رقمها الأيدروجينى (pH). ففى الأراضى الشديدة الحموضة (pH حوالى ٤) يقل الكالسيوم والمغنيسيوم المدمص على سطح حبيبات التربة، ويزداد ذوبان الألومنيوم والحديد والمنجنيز والبورون، ويقل ذوبان الموليبدنم، كما تزداد فرصة وجود المواد العضوية السامة غير المتحللة، وبالتأكيد يقل تيسر النيتروجين والفوسفور. وفى الأراضى القلوية (pH حوالى ٧,٥) يتوفر الكالسيوم النشط بكثرة، وكذلك المغنيسيوم والموليبدنم، ولا يوجد أى ألومنيوم بتركيزات سامة. كما يتوفر النيتروجين. ولو كان الـ pH عاليًا بدرجة كبيرة، فإنه يقل تيسر الحديد والمنجنيز، والنحاس، والزنك، والفوسفور، والبورون. أما الأراضى المعتدلة الحموضة، فإن كل العناصر تكون ميسرة فيها بصورة جيدة، ويبدو أنها أصلح الأراضى لنمو النباتات (Buckman & Brady ١٩٦٠).

ويوضح شكل (٥-٥) مدى تيسر العناصر الغذائية فى التربة المعدنية، ويتبين منه ما يلى:



شكل (٥-٥): تأثير الرقم الأيدروجينى للتربة (الـ pH على تيسر العناصر لها.

١- يتوفر النيتروجين بكثرة فى مدى pH ٦-٨، ويقل بزيادة حموضة أو قلوية التربة عن ذلك بصورة تدريجية، وتصبح كمية النيتروجين الميسرة ضئيلة جدًا فى pH أقل من ٥,٥، أو أعلى من ٨,٥.

٢- يتوفر البوتاسيوم والكبريت فى صورة صالحة للامتصاص فى الأراضى القلوية، وكذلك فى الأراضى الحامضية حتى pH ٦؛ حيث يقل مستواهما تدريجيًا، وتصبح الكميات الصالحة لامتصاص النبات منهما ضئيلة جدًا، مع انخفاض رقم الـ pH عن ٥,٥.

٣- يتيسر الكالسيوم بوفرة فى مدى pH ٧-٨,٥، ويقل تيسره تدريجيًا مع زيادة الحموضة أو القلوية عن تلك الحدود، لكن مستواه لا ينخفض بشكل واضح إلا عند

نقص الـ pH عن ٦ أو زيادته عن ١٠. والأراضي الأخيرة نادرًا ما تستخدم في الزراعة.

٤- يتوفر الفوسفور بكثرة في مجال pH ضيق من ٦,٥-٧,٥، وينخفض مستواه بشدة مع انخفاض الـ pH عن ٦,٥ إلى أن يصل ال مستوى حرج في pH ٦، كما ينخفض ببطء مع ازدياد الـ pH عن ٧,٥ إلى أن يصل إلى مستوى حرج في pH ٨,٥. ومع ارتفاع الـ pH عن ذلك يتيسر الفوسفور مرة أخرى.

٥- يتيسر المغنسيوم بوفرة في الأراضي القلوية، ويقل مستواه مع انخفاض رقم الـ pH عن ٧، لكن مستواه لا ينخفض بشكل ملحوظ إلا بعد وصول الـ pH إلى ٥,٥.

٦- يوجد الحديد، والمنجنيز والبورون، والنحاس، والزنك بوفرة في الأراضي الحامضية. وفي الأراضي الشديدة الحموضة يزداد تركيز الحديد، والمنجنيز، والألومنيوم إلى الدرجة السامة للنبات.

٧- يزداد توفر الحديد إلى درجة السمية مع انخفاض الـ pH، إلا أن مستواه يقل تدريجيًا مع ارتفاع الـ pH عن ٦، ويصبح النقص ملحوظًا مع ارتفاع الـ pH حتى ٧، وحرجًا بعد ٧,٥.

٨- يقل تيسر المنجنيز مع ارتفاع الـ pH عن ٦,٥، ويصبح مستواه حرجًا بعد pH ٧,٥؛ حيث يقل تيسره بعد ذلك.

٩- يبدأ تيسر البورون في النقصان بصورة تدريجية مع زيادة الـ pH عن ٧، ويصبح مستواه حرجًا بعد pH ٧,٥، وينقص بشدة في pH ٨، لكن تيسر البورون يبدأ في الزيادة مرة أخرى مع ارتفاع الـ pH عن ٨,٥.

١٠- يقل تيسر النحاس والزنك تدريجيًا وببطء مع ارتفاع الـ pH عن ٧، ويكون النقص واضحًا عند pH ٨ وحرجًا بعد pH ٨,٥.

١١- يسلك الموليبدنم نفس سلوك المغنسيوم تقريبًا؛ أي يقل مستواه مع انخفاض الـ pH عن ٦,٥، ويكون النقص ملحوظًا مع وصول الـ pH إلى ٥,٥.

ويمكن القول أن pH التربة لا يؤثر بصورة مباشرة على النمو النباتي، وإنما بصورة

غير مباشرة من خلال تأثيره على تيسر العناصر. وأفضل pH هو الذى يميل قليلاً نحو الحموضة، ويتراوح بين ٦، و ٦٫٨.

ويمكن إيجاز ما سبق بيانه بشأن تأثير التربة على تيسر العناصر بها فى أن معظم العناصر الدقيقة — كالحديد، والمنجنيز، والنحاس، والزنك، والبورون — تثبت فى صورة غير صالحة لاستعمال النبات فى الأراضى القلوية. كما يقل — أيضًا — تيسر عنصر الفوسفور، وخاصة عند ارتفاع الـ pH عن ٨٫٠.

وعلى العكس من ذلك .. فإن بقية العناصر الغذائية (النيتروجين، والبوتاسيوم، والكبريت، والمغنيسيوم، والموليبدنم) لا تثبت فى مدى الـ pH القلوى السائد فى الأراضى المصرية والعربية عمومًا.

ويمكن إيجاز أهم مشاكل التربة الحامضية التى ينخفض فيها pH التربة كثيرًا؛ والتى يقل تواجدها فى الوطن العربى، فيما يلى:

١- يكون لها تأثيرات مباشرة من خلال الأضرار التى يحدثها أيون الأيدروجين.

٢- يكون لها تأثيرات غير مباشرة جراء انخفاض رقم الـ pH، وتتمثل فى:

أ- الضعف الفسيولوجى لامتصاص الكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور.

ب- زيادة تيسر الألومنيوم والحديد والمنجنيز إلى درجة السمية.

جـ- نقص تيسر الفوسفور لتكوينه لمعقد مع الألومنيوم.

د- انخفاض تيسر الموليبدنم.

٣- انخفاض فى وضع القواعد يترتب عليه:

أ- نقص الكالسيوم.

ب- نقص المغنيسيوم والبوتاسيوم وربما الصوديوم.

٤- عوامل أحيائية غير طبيعية تتمثل فى:

أ- ضعف دورة النيتروجين وتثبيته.

ب- ضعف نشاط الميكوريزا.

جـ- زيادة التعرض للإصابات المرضية، مثل مرض تثألل الجذور فى الكرنبيات.

٥- تراكم الأحماض العضوية ومركبات سامة أخرى نظرًا لعدم مواءمة الظروف لتفاعلات الأكسدة والاختزال.

تأثير pH التربة على محاصيل الخضر

ترجع أهمية pH التربة إلى العوامل الآتية:

١- يؤثر pH التربة على مدى تيسر العناصر الغذائية بها كما أسلفنا. فمعظم العناصر تثبت فى الأراضى الشديدة الحموضة، وكذلك فى الأراضى الشديدة القلوية، كما أن بعض العناصر — كالحديد والألومنيوم — يزداد ذوبانها وتركيزها إلى درجة السمية للنباتات فى الأراضى الحامضية.

٢- يؤثر pH التربة على نشاط الكائنات الحية الدقيقة النافعة. كبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى، والبكتيريا التى تقوم بتحليل المادة العضوية. وأنسب pH لنشاط هذه الكائنات هو ما يتراوح بين ٦ و ٧.

٣- يؤثر pH التربة على انتشار بعض الأمراض، مثل مرض تثألل جذور الصليبيات الذى يشتد فى الأراضى الحامضية، ولا يظهر فى pH ٧,٢-٧,٤، ومرض جرب البطاطس الذى يكون أكثر انتشارًا فى pH من ٥,٥ إلى ٧. ولا ينصح بزراعة البطاطس فى هذه الدرجة من الحموضة، برغم أنها مناسبة لنموها فى حالة غياب المرض (Thompson & Kelly ١٩٥٧).

كذلك ينتشر عفن جذور البسلة الذى يسببه الفطر *Aphanonyces euteiches* فى مدى يتراوح بين ٥,٤ و ٧,٥، والذبول البكتيرى فى البطاطس الذى تسببه البكتيريا *Pseudomonas solanacearum* فى pH أعلى من ٥,٠ (عن Palti ١٩٨١).

هذا .. وأنسب pH لزراعة معظم محاصيل الخضر يتراوح بين ٦ و ٦,٨؛ حيث يتوفر فى هذا المدى معظم العناصر الغذائية الضرورية للنبات، لكن يمكن زراعة الخضروات بنجاح أيضًا فى رقم إيدروجينى يتراوح بين ٥ و ٨، بشرط علاج النقص الذى يمكن أن يحدث فى بعض العناصر الغذائية، مع منع تراكم المواد السامة بالتربة.

تقسيم الخضروات حسب تحملها لـ pH التربة

برغم أنه يمكن زراعة معظم الخضروات بنجاح فى pH يتراوح بين ٥ و ٨ متى أمكن التغلب على النقص فى العناصر الغذائية الذى يحدث فى الأراضى الحامضية والقلوية، إلا أن لكل محصول مدى pH معينًا يناسب نموه. وتقسم محاصيل الخضر إلى ثلاث مجموعات حسب مقدرتها على تحمل حموضة التربة، كما فى جدول (٥-٣).

جدول (٥-٣): تقسيم الخضروات حسب تحملها لحموضة التربة

المقدرة على تحمل حموضة التربة (وال pH المناسب)	محاصيل الخضر
قليلة التحمل للحموضة (pH ٦,٠-٦,٨)	**الأسبرجس — البنجر — البروكولى — الكرنب — القنبيط — الكرفس — السلق السويسرى — حب الرشاد — الكرسون الأرضى — الكرنب الصينى — الكرات أبو شوشة — الخس — القاوون — السبانخ النيوزيلاندى — البامية — البصل — الجزر الأبيض — السلسفيل — فول الصويا — السبانخ — الكرسون المائى**
متوسطة التحمل للحموضة (pH ٥,٥-٦,٨)	**الفاصوليا — فاصوليا الليما — كرنب بروكسل — الجزر — الكولارد — الذرة السكرية — الخيار — الباذنجان — الثوم — الجيركن — فجل الحصان — الكيل — كرنب أبو ركبة — المسترد — البقدونس — البسلة — الفلفل — القرع العسلى — الفجل — الروتاباجا — الكوسة — الطماطم — اللفت.**
تتحمل الحموضة بدرجة جيدة (pH ٥,٠-٦,٨)	**الشيكوريا — الداندليون — الهندباء — الفينوكيا — البطاطس — الروبارب — الشالوت — الحميض — البطاطا — البطيخ**

تنمو نباتات المجموعة الأولى فى جدول (٥-٣) بصورة جيدة فى الأراضى القلوية التى يصل الـ pH فيها حتى ٧,٥، ما دام لا يوجد نقص فى العناصر الضرورية. وتنمو خضر المجموعة الثالثة فى الأراضى الحامضية التى ينخفض فيها الـ pH حتى ٥، لكن جميع الخضروات يمكنها النمو فى pH من ٥-٨، ويكون أفضل نمو لها فى pH من ٦-٦,٨.

ملوحة التربة

العوامل المسببة لزيادة الملوحة فى التربة

تتراكم الأملاح بصورة طبيعية فى الأراضى التى تتكون من تفتت صخور معدنية تحتوى على أملاح بكميات زائدة، إلا أن الأملاح تزداد أيضًا فى التربة بفعل العوامل الآتية:

١- مع ماء الرى .. فمهما كانت عذوبة الماء المستخدم فى الرى، فإنه يحتوى على أملاح تتراوح كميتها عادة بين ٠,١ و ٥,٠ أطنان لكل ٣٠ سم - فدان من الرى. ويمكن لهذه الأملاح أن تتراكم فى التربة إن لم يتوفر لها نظام صرف جيد. وتتأثر سرعة تراكم الأملاح التى تصل إلى التربة بهذه الطريقة بالعوامل الآتية:

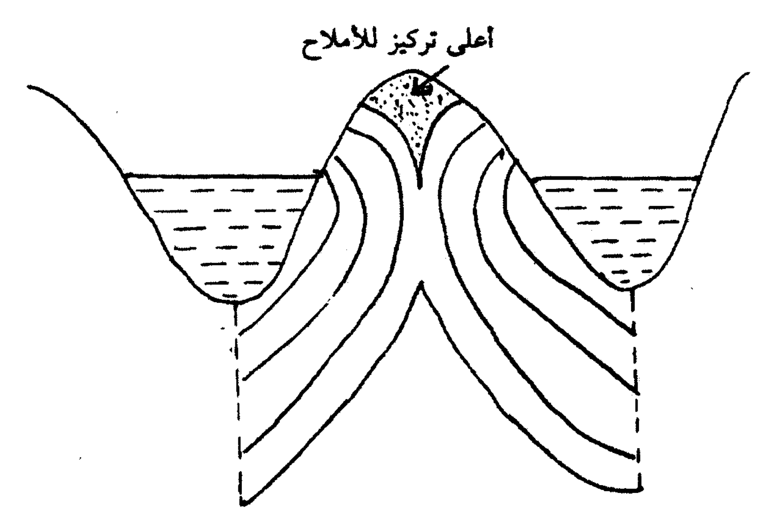
أ- درجة ملوحة الماء المستخدم فى الرى.

ب- كمية الماء المستخدمة فى الرى: ففى حالة نقص المياه لا يكون الرى بالدرجة التى تكفى لبل التربة لعمق كبير؛ ومن ثم لا تغسل الأملاح، وتتراكم سنويًا. ففى المناطق الحارة التى تروى أراضيها بالتنقيط قد تصل كمية ماء الرى فى الموسم الواحد إلى ٣٦٠٠م^{٣} للفدان (متوسط ٢٠م^{٣} للفدان يوميًا بالتنقيط × ٣٠ يومًا شهريًا × ٦ شهور لموسم النمو)؛ أى إن كمية الأملاح المضافة إلى الفدان - مع ماء الرى فى الموسم الواحد - تتراوح بين ٠,٩ طنًا (عند استخدام مياه عذبة تبلغ نسبة الأملاح فيها ٢٥٠ جزءًا فى المليون) و ٩ أطنان للفدان (عند استخدام مياه تبلغ نسبة الأملاح فيها ٢٥٠٠ جزءً فى المليون).

٢- عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى، فمن جهة يكون الصرف رديئًا، ومن جهة أخرى. يؤدى منسوب الماء الأرضى المرتفع إلى ارتفاع الماء إلى سطح التربة بالخاصية الشعرية وتبخره، تاركًا الأملاح على سطح التربة (Israelsen & Hansen ١٩٦٢).

وعند الزراعة على خطوط أو مصاطب تنتقل الأملاح الموجودة فى التربة مع الواجهة المبتلة wetting front، وتتراكم فى طبقات رقيقة على طول سطح التربة، وتحت وسط

سطح المصطبة أو الخط حتى تتقابل الواجهات المبتلة المتقابلة (شكل ٥-٦)، ويكون تركيز الملوحة فى هذه الأماكن ٥-١٠ أضعاف تركيزها فى التربة بوجه عام (Allison ١٩٦٤).



شكل (٥-٦): نظام تراكم الأملاح فى حالة الزراعة على خطوط (خبوب) مع اتباع طريقة الرى بالغمر.

والوسيلة الوحيدة الفعالة لإصلاح الأراضى الملحية هى خفض مستوى الماء الأرضى، وتوفير صرف جيد، وتحسين نفاذية التربة بإضافة الجبس الزراعى لكى يحل الكالسيوم محل الصوديوم، مع غسيل الأملاح الزائدة بالرى الغزير. وسوف نناقش هذا الموضوع بشئ من التفصيل فى موضع لاحق من هذا الفصل.

طرق تقدير ملوحة التربة

يُعبَّر عن ملوحة التربة إما بالجزء فى المليون (ppm)، وإما بالمللى مكافئ/لتر (meq/l)، وإما بدرجة التوصيل الكهربائى (EC)، وتميز بالمللى موز/سم (millimhos/cm)، أو بالميكروموز/سم (micromohs/cm) عند ٢٥ ْم، أو تميز - حسب النظام الدولى لوحدات القياس - بالمللى سيمنز/سم (mS/cm) عند ٢٥ ْم.

ويمكن التحويل من وحدة قياس إلى أخرى كما يلى:

مللى موز سم = EC × ١٠^٣ فى حرارة ٢٥°م.

ميكروموز سم = EC × ١٠^٦ فى حرارة ٢٥°م.

EC × ١٠^٣ = ٦٤٠ جزءًا فى المليون = ١٠ مللى مكافئ/لتر تقريبًا.

وأكثر الطرق شيوعًا لتقدير ملوحة التربة هى طريقة المستخلص المشبع Saturation Extract Method، ويعبر عن الملوحة بدرجة التوصيل الكهربائى للمستخلص المشبع للتربة، والذى يعبر عنه بالمللى موز/سم فى درجة ٢٥°م. وتتلخص هذه الطريقة فى عمل معجون تربة مشبع Saturated Soil Paste عن طريق تقليب التربة، مع إضافة ماء مقطر إلى أن تصل إلى نقطة يمكن التعرف عليها بقليل من التمرين. ويلى ذلك سحب كمية كافية من المستخلص بواسطة مرشح تحت تفريغ لتقدير درجة توصيلها الكهربائى.

ومن مزايا تقدير الملوحة بهذه الطريقة أن تركيز الأملاح فى المستخلص يكون — عادة — نصف تركيزه فى المحلول الأرضى عند السعة الحقلية، وحوالى ربع تركيزه عند نقطة الذبول الدائم؛ وعليه .. فإنه يمكن ربط درجة التوصيل الكهربائى فى المستخلص مباشرة بتركيز الأملاح فى المحلول الأرضى فى المستويات المختلفة من الرطوبة الأرضية (Schoonover & Sciaroni ١٩٥٧).

يجب عدم خلط عينات التربة التى تؤخذ لتقدير الملوحة؛ لأن الملوحة تتباين — عادة — من موقع لآخر فى الحقل الواحد، ويتعين أن تمثل العينات مدى الملوحة فى مختلف أجزاء الحقل. كذلك يجب أن تمثل العينات طبقة التربة التى تشغلها الجذور حسب المحصول، مع الابتعاد عن الطبقة السطحية (السنتيمترين العلويين من التربة) التى تتراكم فيها الأملاح — عادة — بصورة طبيعية (عن Branson ١٩٨٣).

ويتعين تصحيح قراءة التوصيل الكهربائى EC إذا اختلفت درجة الحرارة التى أجرى عندها القياس عن٢٥°م. ويتم ذلك بضرب القراءة المشاهدة فى معامل التصحيح المقابل لدرجة الحرارة التى سُجّلت عندها القراءة، كما فى جدول (٥-٤).

جدول (٥-٤): معامل التصحيح لقراءة درجة التوصيل الكهربائي (EC) عند اختلاف درجة الحرارة التي يجرى عندها القياس عند ٢٥°م (عن Resh ١٩٨٥).

درجة الحرارة (°م)	معامل التصحيح
٥	١,٦١٣
١٠	١,٤١١
١٥	١,٢٤٧
١٦	١,٢١١
١٧	١,١٨٩
١٨	١,١٦٣
١٩	١,١٣٦
٢٠	١,١١٢
٢١	١,٠٨٧
٢٢	١,٠٦٤
٢٣	١,٠٤٣
٢٤	١,٠٢٠
٢٥	١,٠٠٠
٢٦	٠,٩٧٩
٢٧	٠,٩٦٠
٢٨	٠,٩٤٣
٢٩	٠,٩٢٥
٣٠	٠,٩٠٧
٣١	٠,٨٩٠
٣٢	٠,٨٧٣
٣٣	٠,٨٥٨
٣٤	٠,٨٤٣
٣٥	٠,٨٢٩
٤٠	٠,٧٦٣
٤٥	٠,٧٠٥

خصائص التربة الملحية

غالبًا ما تكون ملوحة التربة مصاحبة بخصائص معينة للتربة، مثل القلوية والصودية وسمية البورون، وهى الخصائص التى يكون لكل منها تأثيرها الخاص على النمو النباتى.

وتبعًا لشدة ملوحة التربة فإن الأراضى الملحية تقسم إلى ثلاث فئات، كما يلى:

درجة الملوحة (الـ EC_e بالـ dS/m)	ما يصلح للزراعة فيها
منخفضة: ٢–٤	تصلح لزراع جميع المحاصيل
متوسطة: ٤–٨	تصلح لزراعة المحاصيل متوسطة التحمل إلى عالية التحمل
عالية: > ٨	لا تصلح سوى للرعى على الأنواع المحبة للملوحة

والأملاح التى تتواجد الأراضى المحلية هى بالأساس كلوريدات وكبريتات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم.

وتشمل أعراض ملوحة التربة على النباتات بطء الإنبات وغيابه فى المساحات عالية الملوحة من الحقل، والذبول المفاجئ للبادرات، والنمو المتقزم، واحتراق حواف الأوراق، وخاصة السفلية منها، واصفرار الأوراق والتفافها، ومحدودية النمو الجذرى والموت المفاجى أو التدريجى للنباتات (عن Munns وآخرون ٢٠٠٧ – الإنترنت http://www.plantstress.com/articles/salinity_m/salinity_m.htm#resistance).

وتلاحظ الأعراض التالية فى مختلف أنواع الأراضى الملحية والقلوية:

المشكلة	الأعراض المحتملة
الـ pH المرتفع	نقص للعناصر يظهر فى صورة تقزم واصفرار وأحيانًا لون أخضر قاتم إلى قرمزى بالأوراق
الأراضى الملحية	تكون قشور سطحية بيضاء – حدوث شد مائى – احتراق حواف الأوراق
ملوحة مياه الرى	احتراق حواف الأوراق – ضعف النمو – الشد المائى
الأراضى الصودية	سوء الصرف – تكون قشور سطحية سوداء دقيقية
الأراضى الملحية الصودية	أعراض مماثلة – بصورة عامة للأعراض فى الأراضى الملحية

(Waskom وآخرون ٢٠٠٦).

تعريف بالأنواع المختلفة من الأراضى الملحية والقلوية وطرق اصلاحها

الأراضى الملحية

الأراضى الملحية Saline Soils هى الأراضى التى تقل فيها نسبة الصوديوم المتبادل عن ١٥٪، وتزيد درجة توصيلها الكهربائى على ٤، ويقل الـ pH فيها عن ٨,٥. وتحسب نسبة الصوديوم المتبادل Exchangeable Sodium Percentage (أو ESP) كالتالى:

$$\text{نسبة الصوديوم المتبادل} = \frac{\text{الصوديوم المتبادل (مللى مكافئ/١٠٠ جم تربة)}}{\text{السعة التبادلية الكاتيونية (مللى مكافئ/١٠٠ جم تربة)}} \times ١٠٠$$

يشكل الصوديوم الذائب فى المحلول الأرضى فى هذه الأراضى أقل من ٥٠٪ من الكاتيونات؛ وعليه .. فإنه لا يشكل سوى نسبة بسيطة من الكاتيونات المتبادلة (تقل عن ١٥٪). وعادة لا يشكل البوتاسيوم الذائب والمتبادل سوى نسبة ضئيلة أيضًا، ولكنه قد يوجد أحيانًا بوفرة. أما كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم فتختلف كمياتها النسبية كثيرًا فى المحلول الأرض. وأكثر الأنيونات الذائبة سيادة فى الأراضى الملحية هى: الكلور، والكبريتات، وأحيانًا النترات أيضًا. وقد توجد كميات ضئيلة من البيكربونات، لكن نظرًا لعدم زيادة الـ pH عن ٨,٥، فإن الكربونات الذائبة تكون غالبًا غائبة. وإضافة إلى الأملاح الذائبة، فإن الأراضى الملحية قد تحتوى على بعض الأملاح غير الذائبة نسبيًّا؛ مثل: الجبس (كبريتات الكالسيوم)، وكربونات الكالسيوم، وكربونات المغنسيوم، ومن خصائص الأراضى الملحية أنها تكون مفككة وعالية النفاذية. ويمكن التعرف عليها بتزهُّر الأملاح على سطحها، أو بظهور بقع ذات مظهر زيتى، وخالية من النموات النباتية بها.

ومن الطرق المؤقتة لإصلاح الأراضى الملحية ما يلى:

١- قلب الطبقة السطحية عميقًا فى التربة.

٢- إزالة الطبقة السطحية الملحية بكشطها والتخلص منها.

٣- معادلة تأثير بعض الأملاح بإضافة أملاح أخرى وأحماض.

لكن إصلاح الأراضي بصورة جيدة ودائمة يتطلب عدة شروط وإجراءات كما يلي:

١- خفض منسوب الماء الأرضي:

ولتحقيق ذلك يجب أن نعرف أولاً مصدر الماء الذى يتسبب فى رفع منسوب الماء الأرضى. فإذا كان من مصدر مائى قريب، فقد يمكن فصله عن الحقل بمصرف عميق، لكن منسوب الماء الأرضى المرتفع غالبًا ما يرجع إلى تسرب الماء إلى الحقل سطحيًا أو من تحت التربة من المناطق الأعلى المجاورة.

٢- نفاذية جيدة للماء خلال التربة:

ذلك لأن النفاذية الضعيفة قد تتسبب فى فشل خطة إصلاح التربة، حتى مع توفير مصارف جيدة. فغالبًا ما تتقارب حبيبات الطين بعضها من بعض أثناء غسل التربة، وتصبح التربة بذلك شديدة التماسك وضعيفة النفاذية. وفى هذه الحالات تلزم إضافة الجبس الزراعى، وأحيانًا الكبريت ليحل محل الصوديوم. وأفضل وسيلة للمحافظة على النفاذية الجيدة هى بتقليل عمليات حرث الأرض إلى حدها الأدنى، مع تجنب حرث التربة نهائيًا وهى شديد الجفاف أو زائدة الرطوبة.

٣- غسل الأملاح الزائدة:

يتطلب ذلك كميات كبيرة من الماء الذى يجب أن يتخلل التربة. ويمكن تحقيق ذلك بسهولة فى الأراضى الخشنة القوام، لكنه قد يكون أمرًا صعبًا فى الأراضى المنضغطة Compact والطينية.

٤- توفير صرف جيد:

فبدون الصرف الجيد نجد أن استمرار الرى يؤدى إلى رفع مستوى الماء الأرضى تدريجيًا، ويتبع ذلك ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية بين الريات، ثم تبخره، تاركًا الأملاح لتتزهر على سطح التربة من جديد.

الأراضى الملحية القلوية

الأراضى الملحية القلوية Sodic or Saline Alkali Soils هى الأراضى التى تزيد فيها

نسبة الصوديوم المتبادل على ١٥٪، وتزيد درجة توصيلها الكهربائى على ٤ فى حرارة ٢٥°م، كما يزيد الـ pH فيها على ٨,٥ قليلاً.

تحتوى هذه الأراضى — عادة — على كربونات الصوديوم أو بيكربونات الصوديوم، وكربونات الكالسيوم، وتركيزات عالية من السيليكون الذائب.

يتشابه مظهر وخصائص هذه الأراضى مع الأراضى الملحية، ما دام الملح موجودًا بها، ولكن عند التخلص من الأملاح الذائبة بالغسيل، فإن مظهر وخصائص هذه الأراضى يتغير وتصبح مشابهة للأراضى القلوية.

فعند وجود نسبة عالية من الأملاح الذائبة يندر أن يزيد الـ pH عن ٨,٥، وتظل الغرويات فى حالة متجمعة flocculated، ومع نقص نسبة الملح فى التربة تدريجيًا بالغسيل يتهدرج بعض الصوديوم مكونًا أيدروكسيد الصوديوم، وقد يتبع ذلك تكون كميات صغيرة من كربونات الصوديوم بالتفاعل مع ثانى أكسيد الكربون، إلى أن تصبح التربة شديدة القلوية (أعلى من ٨,٥)، ويتبع ذلك تفرق dispersion غرويات التربة، وتصبح التربة غير منفذة للماء وشديدة الصلابة عند الحرث.

ويمكن تلخيص أهم مشاكل الأراضى الصودية فيما يلى:

١- ارتفاع الـ pH ذاته

٢- تثبيت عناصر الفوسفور، والكالسيوم، والحديد، والزنك.

٣- سمية البورون.

٤- ضعف نفاذيتها للماء.

٥- إعاقة نمو الجذور فيها.

وتقسم المحاصيل حسب تحملها للنمو فى الأراضى الصودية كما يلى:

١- محاصيل ذات قدرة على التحمل .. وتشمل البرسيم الحجازى، والشعير، وبنجر السكر، وبنجر المائدة، وحشيشة برمودا، والقطن.

٢- محاصيل متوسطة التحمل .. وتشمل الأرز، والقمح، والشوفان.

٣- محاصيل حساسة .. وتشمل الفاصوليا، والذرة، وأشجار الفاكهة.

تتكون فى الأراضى الصودية — عادة — قشرة سطحية سوداء بنية اللون، بسبب تفرق المادة العضوية. كذلك يحدث تفرق لحبيبات التربة يتسبب — هو الآخر — فى تكوين القشور السطحية وإعاقة الصرف. ويلاحظ غالبًا انخفاض معدل إنبات البذور وضعف النمو النباتى.

ولإصلاح الأراضى الصودية يلزم الغسيل، مع إضافة الجبس الزراعى، أو الكبريت لمعالجة الملوحة مع القلوية فى آنٍ واحدٍ؛ حيث يحل الكالسيوم محل الصوديوم المتبادل، كما يلى:

الكبريت + أوكسجين الهواء الجوى + ماء ←حامض كبريتيك.

حامض كبريتيك + كربونات الكالسيوم بالتربة ← جبس (كبريتات كالسيوم) + ثانى أكسيد الكربون + ماء.

الجبس + الصوديوم فى الأراضى الصودية ← كالسيوم ميسر للنبات محل الصوديوم + كبريتات صوديوم.

كبريتات الصوديوم تزول بالغسيل مع الصرف الجيد (خطوة فى منتهى الأهمية. مع إضافة الماء بالغمر أو بالرش).

ويؤدى استعمال حامض الكبريتيك مباشرة — بدلاً من الكبريت — إلى الاستغناء عن التفاعل الأول، كما يؤدى استعمال الجبس مباشرة إلى الاستغناء عن التفاعلين الأول والثانى.

الأراضى القلوية غير الملحية

الأراضى القلوية غير الملحية Non Saline Alkali Soils هى الأراضى التى تزيد فيها نسبة الصوديوم المتبادل على ١٥٪، وتقل درجة توصيلها الكهربائى عن ٤ فى حرارة ٢٥ °م. ويتراوح الـ pH فيها بين ٨,٥ و ١٠. وتوجد هذه الأراضى — غالبًا — فى المناطق الجافة وشبه الجافة.

وفى هذه الأراضى تتباعد غرويات الطين المشبعة بالصوديوم بعضها عن بعض، وتنتقل لأسفل؛ حيث تتجمع على مستوى أدنى، ويتبع ذلك أن تصبح الطبقة السطحية من التربة خشنة القوام، بينما تليها مباشرة طبقة قليلة النفاذية.

كما نجد فى هذه الأراضى أن الـ pH يرتفع، ويزداد تنافر غرويات الطين كلما ازدادت نسبة الصوديوم المتبادل. وفيها تغلب أنيونات الكلور والكبريتات والبيكربونات فى المحلول الأرضى مع وجود كميات قليلة من الكربونات. وعندما يكون الـ pH مرتفعًا مع وجود الكربونات، فإن ذلك يؤدى إلى ترسب كل من الكالسيوم والمغنيسيوم، ومن ثم يحتوى المحلول الأرضى للأراضى القلوية على قليل جدًّا من الكاتيونات، بينما يسود الصوديوم، وتوجد فى بعض الأراضى القلوية كميات كبيرة من البوتاسيوم الذائب والمتبادل.

هذه الأراضى تكون قليلة النفاذية، ويصعب حرثها، وتكون لدنة plastic ولزجة sticky عندما تكون مبتلة، كما تكوّن كتلاً (قلاقيل) clods، وقشرة صلبة crusts عند جفافها. ونجد أن المادة العضوية تنتشر وتتوزع على سطح حبيبات التربة فيها، مما يجعل لونها قاتماً. وفى حالة وجود كميات محسوسة من المادة العضوية، فإن سطح التربة قد يصبح أسود اللون، ومن ذلك جاء اسم الأرض السوداء black soil (Israelsen & Hansen ١٩٦٢، و Allison ١٩٦٤).

هذا .. وتُضارّ كثير من النباتات بشدة عند زيادة القلوية فى التربة على ٠,٠٧٪ HCO_3 والـ pH عن ٨,٧، وتموت معظم النباتات — تقريبًا — فى pH أعلى من ٩,٥، وتكون التربة قاحلة وقفراء عندما تصل نسبة الصوديوم المتبادل فيها إلى ٢٥٪–٣٠٪، وتكون غير صالحة للحراثة أو الرى.

الأراضى الجيرية

تزداد مشكلة ارتفاع الـ pH فى الأراضى الصحراوية تعقيدًا عندما يكون ذلك مصاحبًا بارتفاع كبير فى نسبة كربونات الكالسيوم، كما فى الأراضى الجيرية Calcarious Soils؛ إذ يؤدى ذلك إلى ما يلى:

١- تكوّن قشرة صلبة على سطح التربة تؤدى إلى تأخير الإنبات أو إعاقته.

٢- تتحول فوسفات أحادى وفوسفات ثنائى ثنائى الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم، وهى صورة قليلة الذوبان.

٣- تتحول مركبات العناصر الصغرى الأكثر ذوبانًا فى المحلول الأرضى إلى صورة الكربونات الأقل ذوبانًا.

٤- يؤدى توفر الجير إلى تطاير وفقدان الأمونيا من الأسمدة النشادرية.

٥- انتشار وجود الطبقات الجيرية الصماء تحت سطح التربة.

وتنتشر الأراضى الجيرية فى مصر فى المناطق التالية:

المنطقة	نسبة الجير بالتربة (٪)	مشاكل التربة الأخرى
النوبارية	١١-٤٠	تكون القشرة السطحية الصلبة عند جفاف التربة
القطاع الشمالى لمديرية التحرير	٥-٣٠	شدة نفاذية التربة ورشحها للماء
الساحل الشمالى	٣٠-٧٠	ارتفاع نسبة الأملاح ارتفاع منسوب الماء الأرضى إلى أقل من ١٠ سم
سيناء	١١-٥٠	ارتفاع نسبة الأملاح

وتعالج المشاكل الفيزيائية للأراضى الجيرية بحراثة طبقة تحت التربة لتقطيع الطبقات الصماء التى تمنع رشح الماء وانتشار الجذور. ويفضل لذلك استخدام المحاريث الحفارة، مع تجنب استعمال المحاريث القلابة. كذلك يراعى الإكثار من التسميد العضوى، مع إجراء الرى "على الحامى"؛ أى يكون غزيرًا وسريعًا.

ويوصى — عمومًا — بزيادة تركيز عناصر الحديد، والمنجنيز، والزنك فى مياه الرى (بالتنقيط) بنسبة ٥٠٪ عند وجود كربونات الكالسيوم فى الأرض بنسبة ٥٪-١٠٪، أما عند زيادة نسبة الجير عن ١٠٪، فتفضّل إضافة العناصر الصغرى رشًا على أوراق النباتات.

ومن أنسب المحاصيل للزراعة في الأراضي الجيرية: الطماطم، والباذنجان، والفلفل، والكوسة، والبطيخ. كذلك يمكن زراعة التين، والزيتون، واللوز، والعنب، والخوخ، والرمان، والنخيل، بالإضافة إلى المحاصيل الحقلية النجيلية (مثل القمح، والشعير، والذرة) والبقولية (مثل الفول والبرسيم).

خفض pH الأراضى القلوية

يستخدم عدد من المواد لإصلاح الأراضى المرتفعة القلوية، ويعتبر الكبريت الزراعى أهم هذه المواد.

يوضح جدول (٥-٥) الكمية التى تلزم إضافتها من الكبريت لإحداث التعديل المطلوب فى الـ pH فى الأنواع المختلفة من الأراضى. ويلاحظ من الجدول أن الكميات المضافة من الكبريت تزداد مع زيادة نسبة الطين، ومع ازدياد التغيير المطلوب فى pH التربة.

جدول (٥-٥): كمية الكبريت التى تلزم إضافتها فى الأنواع المختلفة من الأراضى لإحداث التعديل المطلوب فى pH التربة.

التعديل المطلوب فى pH	الكمية التى تلزم إضافتها بالكيلو جرام للفدان فى الأراضى		
التربة حتى عمق الحرث	الرملية	الطميية	الطينية
٦,٥-٨,٥	١٠٠٠	١٢٥٠	١٥٠٠
٦,٥-٨,٠	٦٠٠	٧٥٠	١٠٠٠
٦,٥-٧,٥	٢٥٠	٤٠٠	٥٠٠
٦,٥-٧,٠	٥٠	٧٥	١٥٠

تتراوح نقاوة الكبريت الزراعى — عادة — بين ٥٠٪ و ٩٩٪، وتتوقف كفاءته فى خفض pH التربة على مستوى نقاوته ومدى نعومة حبيباته؛ فكلما صغرت حبيباته كانت أكثر تأكسدًا فى التربة.

ويوفر الكبريت الكالسيوم بصورة غير مباشرة من خلال تفاعلين يَحْدُثان فى التربة:

ففى البداية يتأكسد الكبريت إلى حامض كبريتيك، ثم يتفاعل الحامض المتكون مع كربونات الكالسيوم التى توجد فى التربة ليتكون الجبس.

ويحدث تأكسد الكبريت إلى حامض الكبريتيك بواسطة بكتيريا التربة. وهى عملية بطيئة تتطلب تربة دافئة، ورطبة، وجيدة التهوية؛ ولذا .. فإن إضافة الكبريت للتربة خلال فصل الشتاء ربما لا تأتى بأية نتائج قبل فصل الربيع التالى.

ويضاف الكبريت نثرًا إلى التربة (الكبريت لا يذوب فى الماء ولا تجوز إضافته مع ماء الرى)، ثم يُقلب فيها إلى العمق المطلوب، ثم يروى الحقل جيدًا (عن Branson & Fireman ١٩٨٠)؛ ليمكن التخلص من كبريتات الكالسيوم المتكونة بالصرف.

أما الجبس الزراعى فإن الكميات التى تستخدم منه تتحدد بمقدار الصوديوم المتبادل كما هو مبين فى جدول (٥-٦).

جدول (٥-٦): كمية الجبس الزراعى اللازمة للفدان لتعديل الـ pH فى الـ ١٥ سم السطحية من التربة، مقدرة على أساس مقدار الصوديوم المتبادل بها.

الصوديوم المتبادل (مللى مكافئ/١٠٠ جم تربة)	كمية الجبس الزراعى اللازمة (طن/فدان)
١	٠,٩
٢	١,٧
٣	٢,٦
٤	٣,٤
٥	٤,٣
٦	٥,٢
٧	٦,٠
٨	٦,٩
٩	٧,٧
١٠	٨,٦

ويلاحظ أن نسبة النقاوة تتراوح فى الجبس التجارى — عادة — بين ٢٠٪ و ٧٠٪. ونظرًا لأن تكلفة نقل الطن الواحد من الجبس وإضافته إلى التربة تكون ثابتة أيًّا كانت درجة نقاوته؛ لذا .. يفضل استعمال الجبس ذى النقاوة العالية.

ويتعين عند الرغبة فى إصلاح الأراضى القلوية بإضافة الجبس إليها أن يكون المحلول الجبسى مركزًا ليكون الإصلاح أسرع؛ ولذا .. يفضل عندما تكون الأرض شديدة القلوية إضافة كمية الجبس المقررة مرة واحدة، لتسهيل عملية نفاذ الماء خلال التربة، ولإسراع عملية إحلال الكالسيوم محل الصوديوم. لكن يفضل البعض — وخاصة فى الأراضى الأقل قلوية — إضافة الجبس على فترات ليبقى تركيزه مرتفعًا فى التربة لأطول فترة ممكنة.

ويراعى دائمًا قلب الجبس فى الأرض، مع إضافة ماء الرى باستمرار؛ ليكون إصلاح التربة لأكبر عمق ممكن. ويضاف ماء الرى — عادة — بمعدل ٣٠ فدانًا — سم (١٢٦٠م^3) لكل طن من الجبس الزراعى المستخدم.

وتجدر الإشارة إلى أن كميات الكبريت والجبس اللازمة لإصلاح الأراضى القلوية والمبينة فى جدولى (٥-٥)، و (٥-٦) هى كميات تقريبية، وتتوقف الكمية الفعلية التى يتعين إضافتها على العوامل التالية:

١- السعة التبادلية الكاتيونية لغرويات التربة.

٢- نسبة الصوديوم المتبادل منسوبًا إلى مجموع الكاتيونات الأخرى.

٣- مدى الخفض المطلوب الوصول إليه فى نسبة الصوديوم المتبادل إلى مجموع الكاتيونات الأخرى.

٤- العمق المطلوب الوصول إليه فى عملية إصلاح التربة.

٥- نسبة نقاوة الجبس.

الصفات العامة المميزة للأراضى الزراعية فى مصر

يبين جدول (٥-٧) الصفات العامة للأنواع المختلفة من الأراضى الزراعية فى مصر،

وهى الأراضى الصحراوية الحديثة الاستصلاح (الرملية والجيرية)، وأراضى الوادى والدلتا (عن عبدالحميد ١٩٩١).

جدول (٥-٧): صفات التربة فى الأراضى الصحراوية المصرية مقارنة بأراضى الوادى والدلتا.

	المحتوى (٪ بالوزن)			رقم الـ	التوصيل الكهربى	كربونات	المادة
نوع التربة الصحراوية	رمل	سلت	طين	pH	(EC_e)	الكالسيوم (٪)	العضوية (٪)
الرملية	٩٠–٨٥	٥–٣	١٠–٧	٨,٥–٨,٠	٠,٧–٠,٢	٠,٧–٠,٥	٠,٨–٠,٤
الجيرية	٨٣–٧٠	١٠–٧	٢٠–١٠	٩,٠–٨,٥	٣,٠–٠,٦	٤٠–٦	٠,٩–٠,٧
الوادى والدلتا	٢٥–٢٠	٤٧–٣٧	٤٢–٢٨	٨,٥–٨,٠	٣,٥–٠,٦	٧,٥–٤,٥	٤,٥–١

تقسيم مياه الرى حسب محتواها من الصوديوم

عندما تزيد نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنيسيوم ($\frac{Na}{Mg + Ca}$) ، معبرًا عن التركيزات بالمللى مكافئ لتر) على الواحد الصحيح، فإن الصوديوم يتراكم فى التربة. وتصبح الأرض قلوية. ويفضل التعبير عن محتوى التربة من الصوديوم كنسبة مئوية من الكاتيونات المتبادلة كلها ($\frac{١٠٠ \times Na}{K + Na + Mg + Ca}$) ، مع التعبير عن كل التركيزات بالمللى مكافئ/لتر). ومع زيادة الصوديوم فى ماء الرى يزداد الصوديوم المتبادل فى التربة، وتزداد مشاكل القلوية.

وتقسم مياه الرى حسب محتواها من الصوديوم إلى أربعة أقسام:

١- مياه منخفضة فى محتواها من الصوديوم: ويمكن استخدامها تقريبًا فى كل أنواع الأراضى، دون خوف من تراكم كميات ضارة من الصوديوم المتبادل.

٢- مياه متوسطة فى محتواها من الصوديوم: ويمكن استخدامها دون مشاكل فى الأرضى الخشنة القوام ذات النفاذية العالية، ولكن استعمالها فى الأراضى التى تحتوى على نسبة مرتفعة من الطين، والمنخفضة فى محتواها من المادة العضوية يؤدى إلى تراكم الصوديوم؛ لأن نفاذيتها تكون منخفضة، إلا إذا توفر الجبس فى التربة.

٣- مياه مرتفعة فى محتواها من الصوديوم: يؤدى استعمالها فى الرى إلى تراكم الصوديوم بشدة فى معظم الأراضى التى لا تحتوى على الجبس. ويتطلب استعمالها عناية خاصة؛ إذ يلزم توفير صرف جيد وغسيل جيد، مع إضافة المادة العضوية لتحسين صفات التربة الطبيعية، ويلزم أحيانًا إضافة الجبس الزراعى لإحلال الكالسيوم محل الصوديوم على حبيبات الطين.

٤- مياه مرتفعة جدًا فى محتواها من الصوديوم: وهذه لا يمكن استعمالها فى الرى إلا إذا كانت منخفضة فى محتواها من الأملاح الكلية؛ حيث يمكن تلافى أضرار الصوديوم باستخدام الجبس الزراعى والغسيل الجيد، كما يمكن إضافة الجبس الزراعى إلى ماء الرى نفسه بطريقة آلية.

تقسيم الخضر حسب تحملها للملوحة

تقسم الخضر حسب تحملها للملوحة إلى المجموعات التالية (عن USDA ٢٠٠٧ — الإنترنت http//www.ussl.ars.usda.gov/pls/caliche/SALTT42C):

القدرة على التحمل	الخضر	الحد الذى يمكن تحمله (dS/m)	التناقص فى المحصول (٪) مع كل وحدة EC إضافية
متحملة	الأسبرجس	٤,١	٢,٠
متوسطة التحمل	البنجر	٤,٠	٩,٠
	الكوسة الزوكينى	٤,٧	٩,٤
متوسطة الحساسية	البروكولى — كرنب بروكسل — كرنب أبو ركبة	٢,٨	٩,٢
	الكرنب — القنبيط — الكيل	١,٨	٩,٧
	الكرفس	١,٨	٦,٢
	الذرة السكرية	١,٧	١٢,٠
	الخيار — الكنتالوب — البطيخ	٢,٥	١٣,٠
	الباذنجان	١,١	٦,٩
	الخس	١,٣	١٣,٠
	الفلفل	١,٥	١٤,٠

القدرة على التحمل	الخضر	الحد الذى يمكن تحمله (dS/m)	التناقص فى المحصول (٪) مع كل وحدة EC إضافية
	البطاطس	١,٧	١٢,٠
	القرع العسلى – الكوسة الاسكالوب	٣,٢	١٦,٠
	الفجل	١,٢	١٣,٠
	السبانخ	٢,٠	٧,٦
	البطاطا	١,٥	١١,٠
	الطماطم	٢,٥	٩,٩
	الطماطم الكريزية	١,٧	٩,١
	اللفت	٠,٩	٩,٠
حساسة	الفاصوليا – فاصوليا الليما – البسلة	١,٠	١٩,٠
	الجزر – الجزر الأبيض	١,٠	١٤,٠
	البامية	—	—
	البصل	١,٢	١٦,٠
	الفراولة	١,٠	٣٣,٠

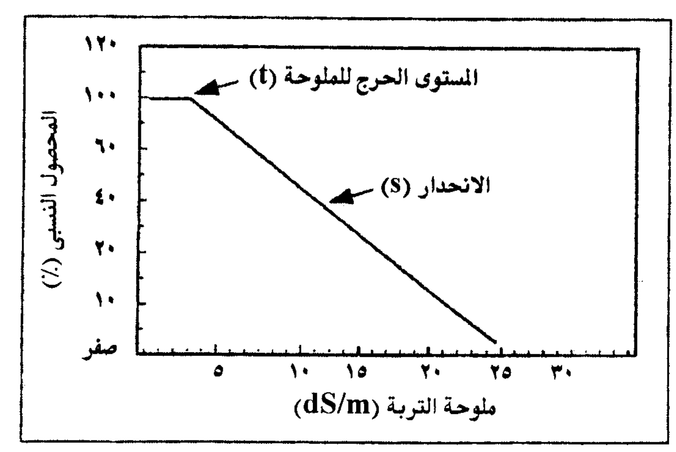
تقسيم محاصيل الخضر حسب تحملها للبورون

تقسم محاصيل الخضر حسب تحملها للبورون إلى المجموعات التالية (عن USDA ٢٠٠٧ – الإنترنت http://www.ussl.ars.usda.gov/pls/caliche/BOROT47):

القدرة على التحمل	الحد الذى يمكن تحمله (مجم/لتر)	الخضر
حساسة	٠,٥–١,٠	البصل – الثوم – البطاطا – الفراولة – الخرشوف – الفاصوليا – فاصوليا الليما
متوسطة الحساسية	١,٠–٢,٠	البروكولى – الفلفل – البسلة – الجزر – الفجل – البطاطس – الخيار – الخس
متوسطة التحمل	٢,٠–٤,٠	الكرنب – اللفت – اللوبيا – الكوسة – الكنتالوب – القنبيط
متحملة	٤,٠–٦,٠	البقدونس – بنجر المائدة – الطماطم
عالية التحمل	٦,٠–١٠,٠	الكرفس
	١٠,٠–١٥,٠	الأسبرجس

مستوى الملوحة الحرج

لا تتأثر النباتات بزيادة مستوى الملوحة فى التربة حتى حد معين يعرف بالمستوى الحرج threshold level (يعطى الرمز t)، وهو الذى يختلف باختلاف النوع والصنف والسلالة النباتية. وبزيادة الملوحة عن المستوى الحرج يبدأ المحصول فى الانخفاض تبعًا لمنحنى معين يعرف باسم slope (ويعطى الرمز s)، وهو الذى يختلف — كذلك — باختلاف النوع والصنف والسلالة النباتية (شكلا ٥–٧، و ٥–٨) وباختلاف بداية التعرض للشد الملحى (شكل ٥–٩).



شكل (٥–٧): تغير المحصول النسبى لنوع نباتى افتراضى بتغير مستوى ملوحة التربة، مع بيان كل من المستوى الحرج للملوحة وشدة انحدار المحصول النسبى بزيادة مستوى الملوحة عن المستوى الحرج بالنسبة لهذا النوع الافتراضى.

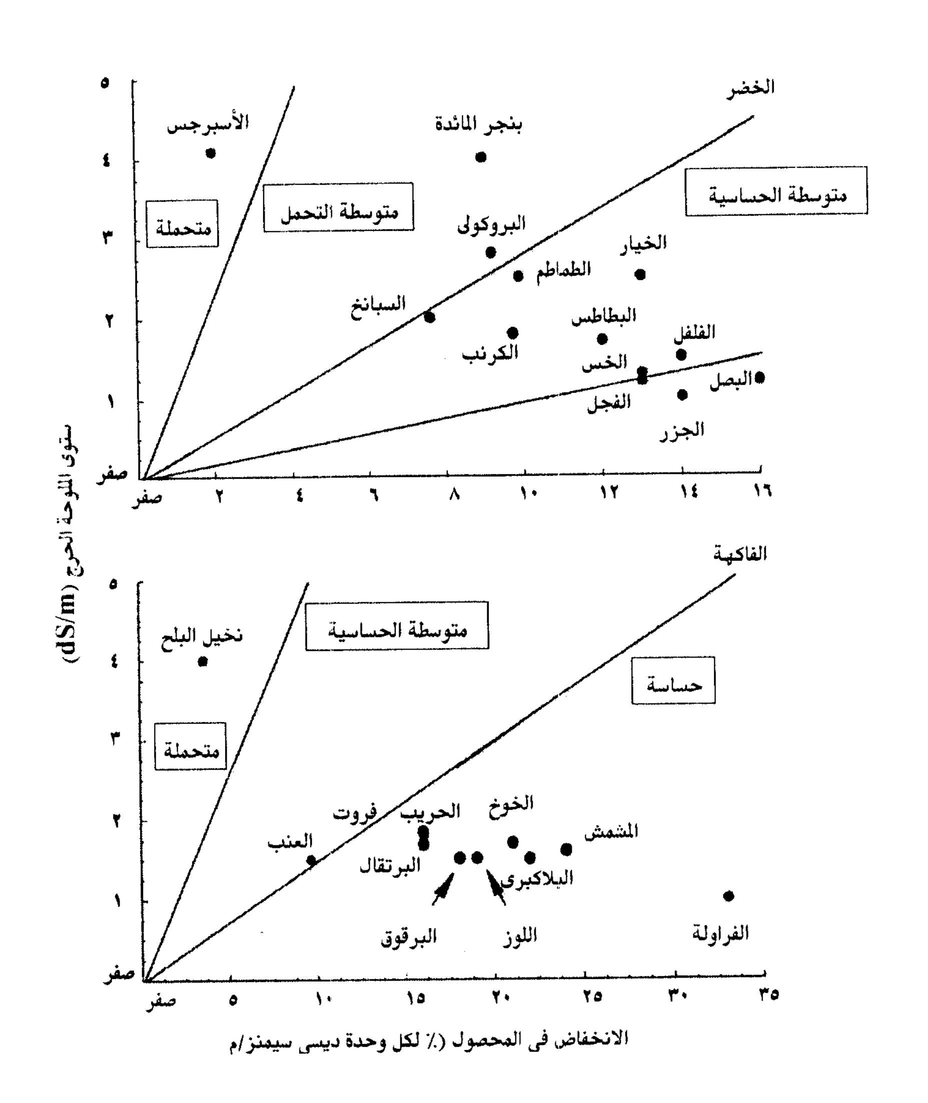
فسيولوجيا استجابة النباتات لملوحة التربة ومياه الرى

مظاهر أضرار الملوحة على محاصيل الخضر

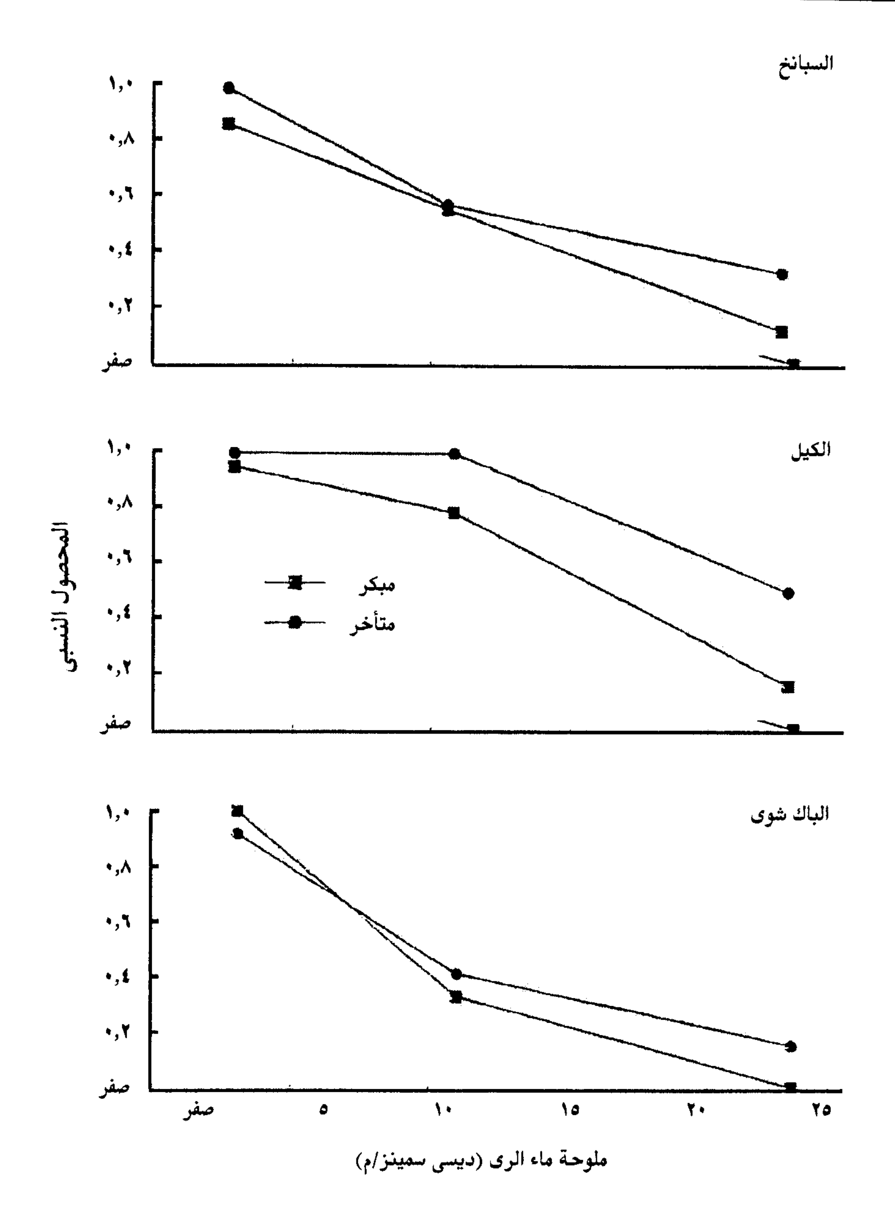
تتباين أضرار الملوحة على النباتات — حسب تركيز الأملاح فى التربة ومياه الرى — كما يلى:

١– فى التركيزات الشديدة الارتفاع تموت النباتات بسبب سمية التركيزات العالية للأيونات المكونة للأملاح، مع حدوث ارتفاع كبير فى الضغط الأسموزى للمحلول

الأرضي؛ فتفشل البذور فى الإنبات، ولا يمكن للجذور امتصاص حاجة النباتات من الماء، وخاصة عند ارتفاع معدل النتح.



شكل (٥-٨): النسبة المئوية للنقص فى المحصول لكل وحدة ديسى سيمز/م فى ملوحة التربة تزيد عن مستوى الملوحة الحرج لعدد من محاصيل الخضر والفاكهة.



شكل (٥-٩): المحصول النسبى لكل من السبانخ والكيل والباك شوى (نوع من الكرنب الصينى) تبعًا لتغير مستوى الملوحة فى حالتى بدء الشدّ الملحى مبكرًا (بعد ١٩ يومًا من الزراعة) ومتأخرًا (بعد ٤٠ يومًا من الزراعة) (عن Shannon & Grieve ٢٠٠٠).

٢- فى التركيزات المتوسطة إلى العالية من الأملاح قد تحترق الأوراق ويتوقف النمو، وهو ضرر مباشر تحدثه التركيزات المرتفعة لأيونى الصوديوم والكلور.

٣- فى التركيزات الخفيفة إلى المتوسطة من الأملاح تنخفض سرعة النمو النباتى، كما يزداد سمك الأوراق، وتزداد دكنة لونها الأخضر فى بعض الأنواع النباتية.

٤- عند استخدام المياه المرتفعة الملوحة فى الرى بالرش فإن الأوراق تمتص الأملاح؛ مما يؤدى إلى احتراقها. ويتوقف مدى الضرر على درجة الحرارة (التى تؤثر فى سرعة تبخر الماء وزيادة تركيز الأملاح)، ومعدل امتصاص الأوراق للماء.

٥- إلى جانب الأضرار الفسيولوجية المباشرة التى تقدم بيانها .. فإن زيادة تركيز الأملاح يمكن أن تؤدى — كذلك — إلى زيادة الإصابة ببعض الأمراض؛ مثل مرض عفن فيتوفثورا فى الطماطم الذى يسببه الفطر *Phytopthora parasitica* (Swiecki & MacDonald ١٩٩١).

الأساس الفسيولوجى لأضرار الملوحة

تظهر الآثار السلبية للملوحة العالية فى ثلاثة جوانب كما يلى:

١- بناء التربة Soil Structure:

تؤثر التركيزات العالية للأملاح — وخاصة عند زيادة نسبة ادمصاص الصوديوم إلى الكاتيونات الأخرى على سطح غرويات الطين — تأثيرًا سيئًا على الصفات الفيزيائية للتربة، حيث تتشتت الحبيبات الصغيرة (المكونة للتجمعات الكبيرة)، وتصبح مفردة؛ الأمر الذى يقلل كثيرًا من حجم مسام التربة، ويضعف نفاذيتها للماء.

٢- التفاعل بين التربة والجذور Soil/Root Interaction:

تجعل التركيزات العالية للأملاح فى المحلول الأرض امتصاص النبات للماء والعناصر أمرًا صعبًا؛ بسبب زيادة الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى، والتنافس الكيميائى بين أيونات الأملاح وأيونات العناصر المغذية على الامتصاص؛ مما يؤدى إلى ظهور أعراض نقص بعض العناصر.

٣- داخل النبات:

تؤدى زيادة امتصاص النبات للأملاح إلى تواجدها بتركيزات عالية فى أنسجة النبات بصورة عامة، وفى السيتوبلازم، والفجوات العصارية بصورة خاصة؛ الأمر الذى يترتب عليه ما يلى:

أ- تثبيط النشاط الأيضى، بالرغم من أن زيادة الملوحة تؤدى إلى زيادة المحتوى الكلوروفيللى للنبات.

ب- التعارض مع تمثيل البروتين.

جـ- فقدان الخلايا للماء.

د- انغلاق الثغور؛ بسبب زيادة تركيز حامض الأبسيسك فى الملوحة العالية.

هـ- شيخوخة الأوراق مبكرًا.

ويؤدى عدم التوازن بين تركيز الأملاح فى كل من السيتوبلازم والفجوات العصارية إلى زيادة التأثير الضار للأملاح الزائدة؛ فتصبح سامة للنبات، بالرغم من أن تركيزها العام فى النسيج النباتى قد يكون معتدلاً (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩، و Xu وآخرين ١٩٩٤).

ومن أمثلة الأضرار الفسيولوجية التى تسببها الملوحة لمحاصيل الخضر ما يلى:

١- أدت زيادة الملوحة إلى زيادة تركيز الأيونات فى أوراق الطماطم، وخاصة المسنة منها، بينما ازداد تراكم البروتين فى الأوراق الحديثة بصورة أكبر (عن Soliman & Doss ١٩٩٢).

٢- أدت زيادة الملوحة من ٣ إلى ٨ ديسى سيمنز/سم إلى نقص تراكم المادة الجافة فى كل من الخيار والطماطم، وإلى نقص كل من امتصاص الكالسيوم والمحصول بصورة أكثر وضوحًا فى الخيار منه فى الطماطم (عن Ho & Adams ١٩٩٤).

التأثيرات المفيدة للملوحة على محاصيل الخضر

لا تخلو زيادة الملوحة من بعض التأثيرات المفيدة التى يمكن أن نجد لها تطبيقات زراعية، كما يلى:

١- تؤدى زيادة الملوحة إلى الحد من النمو الخضرى فى الطماطم؛ الأمر الذى يمكن الاستفادة منه فى زيادة العقد المبكر، وخاصة فى ظروف الإضاءة الضعيفة. كذلك فإن زيادة الملوحة فى الوقت المناسب (فى المزارع المائية) تفيد فى الحد من النمو الخضرى فى الفراولة؛ الأمر الذى يؤدى إلى اتجاه النبات نحو النمو الثمرى.

٢- تؤدى الملوحة العالية — أحيانًا — إلى جعل الثمار المنتجة أفضل مظهرًا وأكثر مقاومة للأضرار الميكانيكية (عن Awang وآخرين ١٩٩٣).

٣- تعمل الملوحة على زيادة قدرة النباتات العشبية على تحمل الحرارة المنخفضة؛ فقد أدى تعريض جذور السبانخ لمحلول ملحى يبلغ تركيزه ٣٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم إلى زيادة قدرة الأوراق على تحمل التجمد بمقدار ٢,٣°م فى خلال ٢٤ ساعة من المعاملة، علمًا بأن امتصاص الملح كان سريعًا خلال السبع ساعات الأولى من معاملة الملوحة، ثم انخفض بعد ذلك (Hincha ١٩٩٤).

٤- من المعروف أن زيادة الملوحة تؤدى إلى زيادة نسبة المادة الجافة وتحسين النوعية؛ بزيادة محتوى الثمار من السكريات والحموضة المعايرة؛ كما فى الطماطم، والفلفل، والفراولة والكنتالوب.

فمثلاً .. أوضحت دراسات Mizrahi & Pasternak (١٩٨٥) أن ثمار طماطم التصنيع التى عرضت لعدة مستويات من الملوحة كان محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة أكثر عما فى نباتات الشاهد. وبالرغم من أن محصول معاملة الملوحة كان أقل، إلا أن التحسن فى نوعيتها رفع من قيمتها.

كذلك حصلت ثمار القاوون التى تعرضت لمستويات من الملوحة على قيم أعلى فى اختبارات التذوق منها فى ثمار معاملة الشاهد، ولكن اختفى الفرق بينهما بعد ٣-٤ أسابيع من التخزين فى حرارة الغرفة.

أما الخس .. فلم تكن لمعاملة الملوحة أية تأثيرات على نتائج اختبارات التذوق فيه.

وفى الكرنب الصينى كان لمعاملة الملوحة تأثير قليل على المحصول، ولكنها أحدثت زيادة فى معدل الإصابة باحتراق حواف الأوراق.

هذا .. ويؤدى رى الخضر بالماء الملحى خلال مراحل معينة من نموها إلى زيادة محتواها من السكر والمواد الصلبة الذائبة الكلية. ووجد أن رى الطماطم بماء ملحى وآخر غير ملحى بالتبادل فى دورات لم يُحدث انخفاضًا يمكن قياسه فى المحصول، ولكنه أحدث زيادة فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. وفى الكنتالوب أحدثت زيادة ملوحة مياه الرى زيادة فى محتوى الثمار من السكر بلغت ٢٪. وفى الأسبرجس ازداد محتوى المهاميز من المواد الصلبة من ٩٥ إلى ١٠٨ مجم/جم وزن طازج عندما اقتربت ملوحة التربة من ٢١ ديسى سيمنز/م (Shannon & Grieve ٢٠٠٠).

وقد أوضح بعض الباحثين أن الماء الردئ النوعية يمكن أن يستعمل فى الرى بالتبادل مع الماء الجيد النوعية إذا كان استعماله خلال مراحل النمو الأقل حساسية للملوحة مثل مراحل النمو المتأخرة. ومن المعروف أن الرى بالماء الملحى خلال مرحلة الإثمار فى الكنتالوب والطماطم يؤدى إلى زيادة فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة ويحسِّن طعمها. وقد أمكن الاستفادة من تلك الخاصية فى إنتاج طماطم التصنيع التى ازداد محتوى ثمارها من المواد الصلبة الذائبة دون أن يحدث تأثير يذكر على المحصول. كذلك فإن رى السبانخ والكيل بالماء الملحى قرب نهاية موسم النمو المحصولى يجعل الأوراق خضراء داكنة اللون (Shannon & Grieve ٢٠٠٠).

٥- من المعروف أن ثمار النباتات الأصيلة فى طفرة الطماطم nor لا تتلون بصورة عادية ولا تفقد صلابتها؛ حيث يمكن تخزينها لفترات طويلة، ولكنها تكون رديئة النوعية لعدم اكتمال نضجها بصورة طبيعية؛ حيث يكون تطورها مقيدًا بشدة على المستويات الفسيولوجية والإنزيمية، وحتى على مستوى التعبير الجينى. هذا .. إلا أن الملوحة يمكن أن تخفف من التأثيرات المتعددة لهذا الجين؛ حيث إن تعريض النباتات للأملاح — فى نهاية مرحلة تطورها — أدى إلى احمرار الثمار ونضجها جزئيًّا. وقد صاحب ذلك نقص فى وزن الثمار وصلابتها، مع زيادة فى محتواها من المادة الجافة، والحموضة المعايرة، والسكر، وأيون الكالسيوم. ولكن لم يكن للملوحة تأثير على نشاط إنزيم بولى جلالاكتورونيز polygalacturonase؛ الذى يختفى تمامًا

فى الثمار الأصيلة فى هذا الجين، والذى يعد مسئولاً عن فقد ثمار الطماطم الطبيعية لصلابتها.

وسائل خفض ملوحة التربة أو الحد من أضرارها

تتم معالجة مشاكل ملوحة التربة والتغلب عليها بثلاث طرق، كما يلى:

١- استصلاح التربة

تتضمن عمليةاستصلاح التربة إحلال الكالسيوم فى التربة محل الصوديوم، ويلزم ذلك غسيل أيونات الصوديوم عميقًا فى التربة أسفل منطقة نمو الجذور باستعمال كميات زائدة من الماء، ثم حملها بعيدًا عن الحقلمع ماء الصرف. وأكثر الطرق شيوعًا لإحلال أيونات الكالسيوم محل أيونات الصوديوم هى بإضافة كميات كبيرة من الجبس (كبريتات الكالسيوم) إلى التربة، ثم غمر التربة بالماء. يذوب الجبس المضاف تدريجيًا فى الماء لينطلق منه أيونات الكالسيوم؛ لتحل محل أيونلت الصوديوم على سطح غرويات التربة؛لتنتقل مع حركة الماء عميقًا فى التربة.

٢- اتباع ممارسات زراعية للتخلص من الأملاح بعيدًا عن مكان إنبات البذور وإنبات البادرات، مثل:

أ-كشط الطبقة السطحية من التربة وإزالتها.

ب-الغسيل قبل الزراعة بماء ذى نوعية جيدة.

جـ-تخدام خطوط أو مصاطب مناسبة لطريقة الزراعة، مع إحكام تجانس الرى.

د-الزراعة فى حقل سبق غمره بالماء.

٣- اتباع معاملات زراعية معينة للتغلب على مشاكل التأثير السيئ للملوحة على المحاصيل النامية، مثل:

أ-استخدام الأغطية البلاستيكية للتربة.

ب- الحراثة العميقة مع قلب التربة.

جـ- إضافة الأسمدة العضوية بوفرة (Munns وآخرون ٢٠٠٧ - الإنترنت - Salinity stress and its mitigation).

٤–الغسيل السابق للزراعة

تحتاج الأراضى الشديدة الملوحة إلى الغسيل – قبل زراعتها بالخضر الحساسة للملوحة – بنحو ١٠٠–٢٠٠م³ ماء للفدان؛ ليمكن التخلص مما يوجد فيها من أملاح، ويمكن إضافة تلك الكمية من الماء بطريقة الرش. كذلك يلزم توفير صرف جيد فى الأراضى التى يرتفع فيها مستوى الماء الأرضى، وتحسين نفاذية الأراضى القليلة النفاذية بإضافة الجبس الزراعى إليها لكى يحل الكالسيوم محل الصوديوم، مع غسيل الأملاح الزائدة بالرى الغزير، ويفضل إضافة الماء بطريقة الغمر فى تلك الحالات.

وتتوقف كمية الماء التى تلزم إضافتها لخفض ملوحة التربة – ابتداء – إلى المستوى المقبول على كل من ملوحة التربة ذاتها، وملوحة مياه الرى، والمستوى الذى يُرغب فى خفض الملوحة إليه. كما تتوقف كمية الماء التى تنبغى إضافتها – كذلك – على عمق الجذور، ودرجة نفاذية التربة، وأنواع الأملاح التى توجد بمياه الرى (قيمة SAR)، وأنواع الأيونات المتبادلة، ونسبة كربونات الكالسيوم فى التربة.

وتجدر الإشارة إلى أن غسيل التربة قد يكون له تأثير سلبى على بناء التربة، ويتوقف ذلك على أنواع الأيونات المسئولة عن الملوحة، والتى توجد فى كل من التربة ومياه الرى.

٥– الغسيل أثناء النمو المحصولى

لتجنب تراكم الأملاح فى التربة أثناء نمو المحصول، يلزم دائمًا زيادة كمية مياه الرى – فى كل رية – عما يلزم لتوصيل الرطوبة فى منطقة نمو الجذور إلى السعة الحقلية؛ حيث تعمل كمية المياه الزائدة على غسيل الأملاح التى تضاف إلى التربة مع كل رية ولا تمتصها النباتات. وتتضح أبعاد هذه المشكلة عند اتباع نظام الرى بالتنقيط؛ حيث يكون الهدف هو التوفير فى مياه الرى إلى أكبر قدر ممكن.

تعرف نسبة الزيادة فى مياه الرى (عما يلزم لحاجة المحصول) – التى تلزم لغسيل الأملاح المتراكمة – باسم عامل الغسيل، وهى تتوقف على كل من: مدى ملوحة مياه

الرى، ودرجة الملوحة التى يُراد المحافظة عليها فى منطقة انتشار الجذور، وهى التى تتوقف على مدى حساسية المحصول المزروع للملوحة.

ويحسب عامل الغسيل بالمعادلة التالية:

$$LR = \frac{EC_w}{EC_{dw}}$$

حيث إن:

LR = عامل الغسيل Leaching Requirement

EC_w = درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى بالمللى موز/سم.

EC_{dw} = درجة التوصيل الكهربائى لمياه الصرف drainage water.

= درجة التوصيل الكهربائى لماء التربة عند السعة الحقلية EC_{sw}

= ٢ × درجة التوصيل الكهربائى لمستخلص التربة المشبع EC_e.

وكمثال .. إذا كانت EC_w = ١ و EC_e المرغوب فى المحافظة عليها = ٢,٠

∴ EC_{dw} = ٢ × ٢ = ٤,٠ مللى موز/سم.

وإذا احتاج المحصول إلى ١٠ مم (= ١٠٠م٣ للهكتار) فى كل رية:

∴ LR = ١ ÷ ٤ = ٠,٢٥

ويعنى ذلك ضرورة زيادة كمية مياه الرى — فى كل رية— بمقدار الربع؛ بهدف غسيل الأملاح التى تتجمع فى التربة نتيجة لعملية الرى ذاتها؛ وبذا .. تصبح كمية مياه الرى التى ينبغى استعمالها فى كل رية ١٢,٥ مم (عن Van der Zaag ١٩٩١).

هذا .. علمًا بأن قيمة عامل الغسيل المناسبة يجب ألا تزيد على ٣٠٪، وإلا ترتب على ذلك فقدان كبير فى مياه الرى، مع احتمال تعرض النباتات للإصابة بأعفان الجذور (عن وزارة الزراعة ١٩٨٩).

وتبعًا لـ Ibrahim (١٩٩٢) فإن زيادة عامل الغسيل من ٠,١ إلى ٠,٥ أدى إلى زيادة محصول صنف الطماطم إدكاوى عند زراعته فى أرض رملية، علمًا بأنه من أصناف الطماطم القليلة التى تعرف بتحملها للملوحة.

وتحسب كميات الماء التى تلزم لخفض الملوحة إلى المستوى المقبول فى منطقة نمو الجذور (الكمية لكل وحدة عمق من التربة) على أساس المعادلة التالية:

$$Y = \frac{\text{درجة التوصيل الكهربائى المرغوب فيه لمستخلص التربة} - \text{درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى}}{\text{درجة التوصيل الكهربائى الأصلى للتربة} - \text{درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى}}$$

وفى الأراضى الرملية ترتبط قيمة Y بعمق الماء الذى يلزم إضافته لكل وحدة عمق من التربة على النحو التالى:

عمق ماء الغسيل لكل وحدة عمق من التربة	قيمة Y
١,٠٠	٠,١٠
٠,٦٠	٠,١٧
٠,٥٠	٠,٢٠
٠,٤٠	٠,٢٥
٠,٣٠	٠,٣٣
٠,٢٠	٠,٥٠
٠,١٥	٠,٦٠

وتعتبر كمية المياه التى تلزم لغسيل التربة هى عمق مياه الغسيل لكل وحدة عمق من التربة مضروبًا فى العمق الذى تصل إليه الجذور.

وكمثال .. نفترض أن درجة التوصيل الكهربائى لمياه الرى ٢,٠ مللى موز/سم، وأن ملوحة التربة فى منطقة نمو الجذور ٥,٠ مللى موز/سم، ويرغب فى خفضها إلى ٣,٠ مللى موز/سم، وأن الجذور تتعمق إلى ٥٠ سم:

∴ Y = (٣ − ٢) / (٥ − ٢) = ٠,٣٣

ويعنى ذلك أن عمق مياه الغسيل لكل وحدة عمق من التربة تكون ٠,٣٠.

∴ كمية المياه التى تلزم لغسيل الأملاح إلى ما بعد منطقة نمو الجذور = ٠,٣٠ × ٥٠ سم = ١٥ سم ماء؛ أى ١٥٠ مم مياه رى؛ أى ١٥٠٠م^3 للهكتار.

ويجب أن يضاف إلى هذه الكمية كمية المياه التى تلزم لتوصيل رطوبة التربة إلى السعة الحقلية، وكمية الماء التى تفقد بالتبخر خلال إجراء عملية الغسيل. ونظرًا لأن توزيع الأملاح لا يكون متجانسًا، وأنه قد يحدث بعض الجريان السطحى للماء. لذا .. يراعى زيادة كمية المياه اللازمة المحسوبة للغسيل بمقدار ٢٥٪؛ الأمر الذى يعنى — فى مثالنا — إضافة ٢٠٠٠م^{3} من الماء للهكتار؛ أى ١٢٠ مم من الماء.

وعمومًا .. فإن كمية الماء التى يتعين استعمالها لغسيل الأملاح تتحدد بمدى الخفض المطلوب فى مستوى الملوحة، وليس بشدة الملوحة ذاتها، وذلك كما يلى:

الخفض المطلوب فى الملوحة (٪)	كمية الماء اللازمة (سم ارتفاعًا)	كمية الماء اللازمة (م^{3}/فدان)
٥٠	١٥	٦٣٠
٨٠	٣٠	١٢٦٠
٩٠	٦٠	٢٥٢٠

ويعنى ذلك أنه لو كان مستوى الملوحة (الـ EC) ٤ أو ٦ أو ٨ أو ١٠ وكان المطلوب خفضه — فى كل حالة — إلى النصف، وجب غسيل الأرض — فى كل الحالات بنحو ٦٣٠م^{3} من الماء/فدان (Cardon وآخرون ٢٠٠٧).

ويفيد فى تأمين احتياجات الغسيل اتباع أى من طريقتى الرى بالغمر أو الرى بالرش. وتجدر الإشارة إلى أن زيادة احتياجات الغسيل يؤدى إلى ضعف كفاءة الرى وفقدان العناصر الغذائية الذائبة بالرشح.

وتعد مرحلة إنبات البذور ونمو البادرات أكثر مراحل النمو النباتى حساسية للملوحة، وهى التى تزيد فيها احتياجات الغسيل. ومع تقدم النمو النباتى تتعمق الجذور فى التربة وتكون النباتات أكثر تحملاً للملوحة. لذا .. يفيد التوقيت الصحيح للغسيل فى توفير الفقد فى كل من ماء الرى والعناصر الغذائية.

ويكون من المفضل — دائمًا — غمر الحقل بالماء بعد انتهاء موسم الحصاد، وخاصة فى حالة الرى بالتنقيط، سواء أكان التنقيط سطحيًّا أم تحت سطحى عند إنتاج

المحصول السابق. وقد يتطلب الأمر توفير وسيلة لصرف الماء الزائد إما بحفر مصارف سطحية تتعمق لأكثر من مستوى الماء الأرضى، مع وصلها بقنوات لتوصيل ماء الصرف إلى المصارف العمومية، وإما باستعمال أنابيب صرف يتم وضعها فى التربة أسفل المستوى الذى تتعمق إليه الجذور.

٦- الطرق الزراعية

يمكن الاستفادة من الأراضى الملحية غير المستصلحة فى الزراعة بمراعاة ما يلى:

أ- تفضل الزراعات الشتوية؛ حيث يكون ضرر الأملاح عليها أقل مما هو فى الزراعات الصيفية.

ب- تفضل الزراعة بالشتل عن الزراعة بالبذرة؛ لأن الشتلات تكون أكثر تحملاً للملوحة من البذور.

جـ- تفضل زراعة المحاصيل الأكثر تحملاً للملوحة.

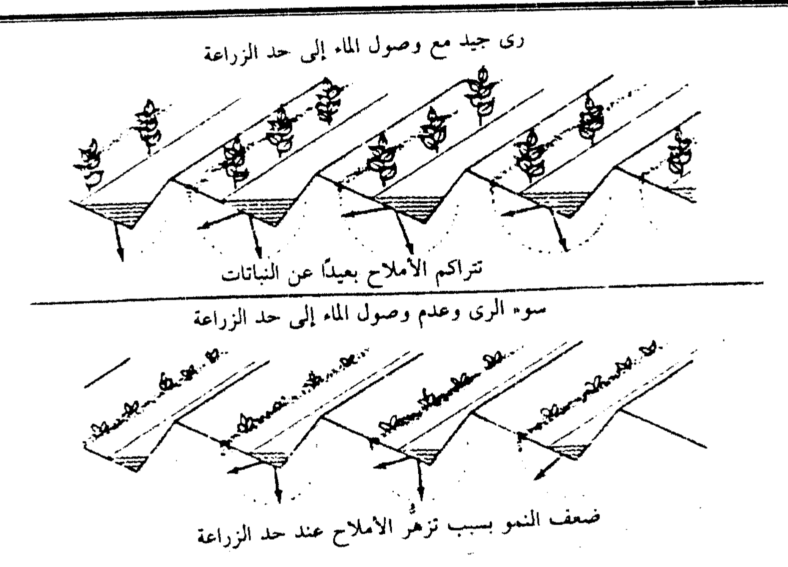
د- يحسن اتباع طريقة الرى بالتنقيط؛ لأنها تعمل على تجميع الأملاح بعيدًا عن النباتات، على أن تغسل التربة من الأملاح المتراكمة قبل زراعة المحصول التالى (الإدارة العامة للتدريب — وزارة الزراعة ١٩٨٣).

هـ- اتباع طريقة الرى السطحى بالغمر مع الزراعة بأى من الطرق التالية:

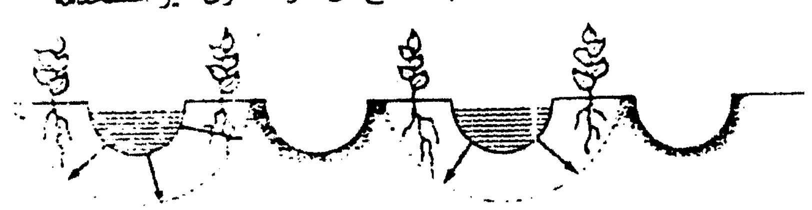
(١) على خطوط عالية، على أن تكون الزراعة فى النصف السفلى من ميل الخطوط، وأن يصل ماء الرى — عبر قنوات الخطوط — إلى حد الزراعة؛ ليكون تزهُّر الأملاح بعيدًا عن النبات (شكل ٥-١٠).

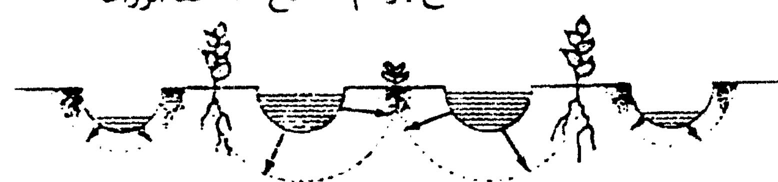
(٢) فى خطوط مفردة فى منتصف مصاطب عريضة، مع تنظيم الرى بحيث تتزهَّر الأملاح بعيدًا عن النباتات (شكل ٥-١١).

(٣) فى خطوط مزدوجة على جانبى مصاطب عريضة، مع تنظيم الرى بحيث يحدث تزهُّر الأملاح فى منتصف المصاطب بعيدًا عن النباتات (شكل ٥-١٢) (عن Mayberry ١٩٨٣).



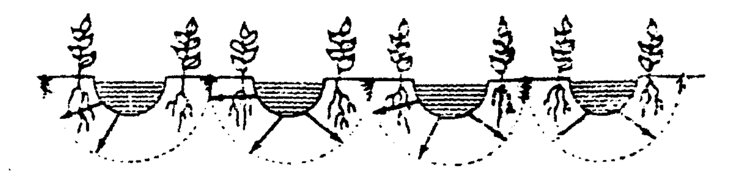
شكل (٥-١٠): تتزهُّر الأملاح بعيدًا عن حد الزراعة عندما تكون الزراعة على خطوط، ويكون الرى منتظمًا.

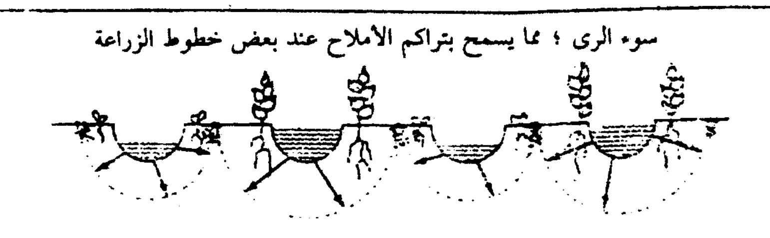




شكل (٥-١١): تزهُّز الأملاح بعيدًا عن النباتات عندما تكــون الزراعــة فى منتصــف مصاطب عريضة، ويكون الرى منتظمًا.

نظام جيد للرى يسمح بتراكم الأملاح فى وسط المصاطب بين الخطوط المزدوجة





شكل (٥-١٢):تزهُّر الأملاح بعيدًا عن النباتات عندما تكون الزراعة فى خطوط مزدوجة على جانبى مصاطب عريضة، ويكون الرى منتظمًا.

علاقة التربة والماء بالنبات

مستويات تيسر الرطوبة الأرضية لاستعمال النبات

عند إضافة الماء إلى التربة، فإنه يبللها إلى عمق يتوقف على كمية الماء المضافة؛ لأن تجمعات التربة Soil Aggregates تشد إليها الماء فى طبقات متتالية، ويقل شدها تدريجيًّا كلما بعد الماء عن سطح جوامد الأرض، حتى يصل مقدار شد التربة للماء إلى ١/٣ ضغط جوى، حينئذ لا يمكن لجوامد التربة شد الماء إليها، فيتحرك إلى أسفل بفعل الجاذبية الأرضية.

وتعرف كمية الماء التى تحتفظ بها التربة ضد الجاذبية الأرضية بالسعة الحقلية Field Capacity، ويعبر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف للتربة.

وفى البداية تكون كل مسام التربة مملوءة بالماء، ومع تحرك الماء إلى أسفل فى الفراغات الكبيرة بين تجمعات التربة تصبح هذه المسام مملوءة بالهواء، بينما يبقى نصف

المسام — وهى الموجودة داخل تجمعات التربة — مملوءًا بالماء الذى تحتفظ به التربة ضد الجاذبية الأرضية. فالتربة عند السعة الحقلية بها نصف المسام مملوءًا بالماء، والنصف الآخر مملوء بالهواء.

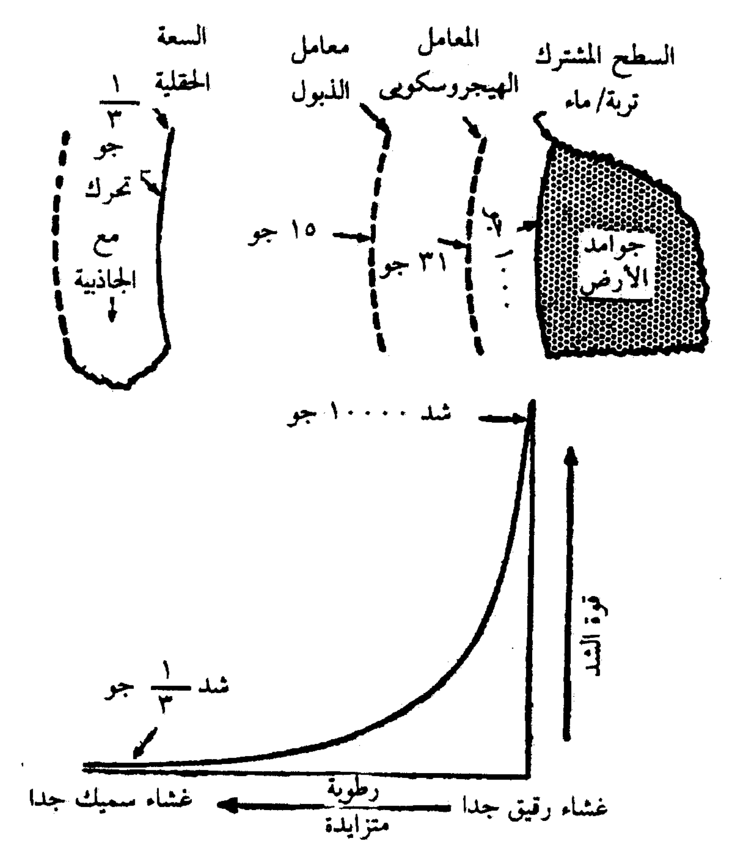
ومع امتصاص النباتات للماء يقل سمك غشاء الماء المحيط بجوامد التربة تدريجيًّا وتزيد قوة احتفاظ التربة بهذا الماء؛ فتقل بالتالى مقدرة النبات على امتصاصه، حتى تصل قوة احتفاظ التربة بالماء إلى ١٥ ضغط جوى؛ حيث يستحيل على معظم النباتات امتصاص الماء عند هذه النقطة، وهى التى تعرف بمعامل الذبول Wilting Coefficient.

ويعرف الماء الميسر لامتصاص النبات بأنه ذلك الجزء الذى تحتفظ به جوامد التربة بقوة شد تتراوح من ١/٣ إلى ١٥ ضغط جوى؛ أى هو المحتوى المائى للتربة بين السعة الحقلية ومعامل الذبول.

ومع استمرار جفاف التربة بعد ذلك بفعل التبخر يقل سمك الغشاء المائى الذى تحتفظ به التربة، وتزداد قوة احتفاظها به، حتى يصل مقدار شد التربة للغشاء المائى إلى ٣١ ضغط جوى؛ حيث يصعب فقد الماء من التربة بالتبخر بعد ذلك تحت الظروف العادية. ويعرف هذا الحد بالمعامل الهيجروسكوبى، كما يعرف الماء الذى تحتفظ به التربة حينئذٍ بالماء الهيجروسكوبى Hygroscopic Water. وهذا الماء لا يفقد إلا بالتبخر فى الأفران على درجة حرارة مرتفعة؛ لأن التربة تحتفظ به بقوة كبيرة تصل عند السطح المشترك بين التربة والماء إلى نحو ١٠٠٠ ضغط جوى.

هذا .. وتظهر العلاقات المائية التى سبق شرحها فى شكل (٥-١٣).

كما يبين شكل (٥-١٤) كيف أن الماء المحصور بين قوتى شد ٣١ ضغط جوى و ١/٣ ضغط جوى — أى ما بين المعامل الهيجروسكوبى والسعة الحقلية — يمكن أن يتحرك بالخاصية الشعرية فى المسام الدقيقة للتربة من المناطق الأكثر رطوبة إلى المناطق الأقل رطوبة، حتى تصل التربة إلى حالة اتزان رطوبى، وتزداد سرعة حركة هذا الماء بزيادة مقدار الرطوبة. ويعرف هذا الماء بالماء الشعرى Capillary Water.



شكل (٥-١٣): التغير فى قوة الشدّ الرطوبى مع التغير فى سمك الغلاف المـائى المحـيط بحبيبات التربة.

وبناء على ما تقدم بيانه .. فإن الماء الأرضى يقسم حسب قدرته على التحرك فى التربة كما يلى:

١- الماء الهيجروسكوبى Hygroscopic Water:

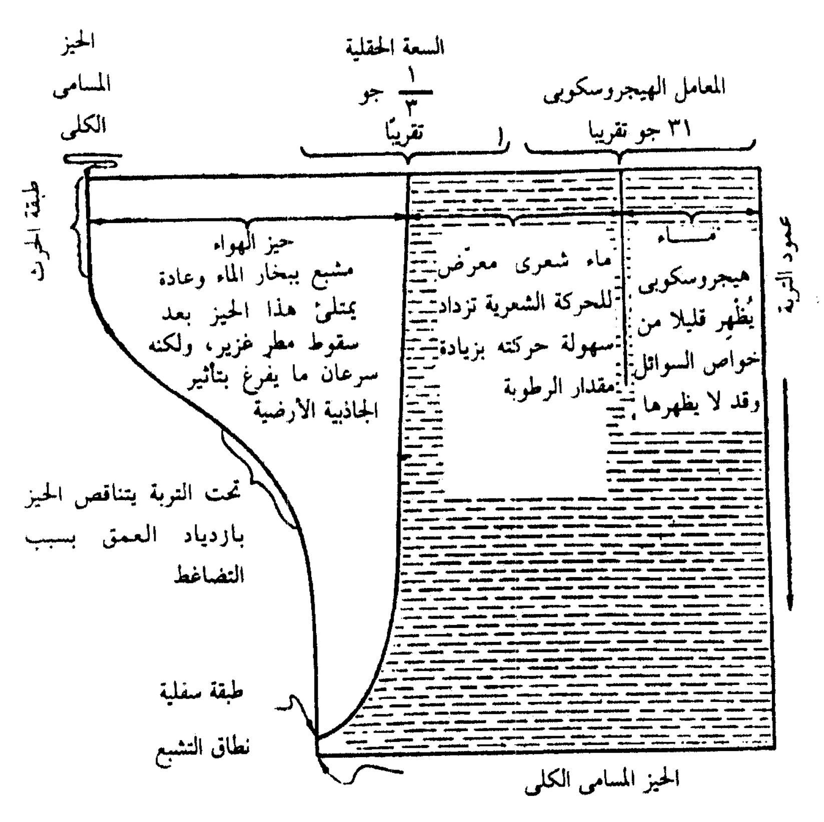
هو الماء الذى يوجد ملاصقاً لسطح حبيبيـات التربـة، وهـو غـير ميسـر للنبـات، ولا يتحرك فى التربة لا بفعل الجاذبية الأرضية، ولا بفعل قوى الحركة الشعرية Capillary Forces.

٢- الماء الشعرى Capillary Water:

هو الماء الزائد عن الماء الهيجروسكوبى، ويوجد فى المسافات بين حبيبات التربة، ويتحرك بالخاصية الشعرية، ولا يمكن تحركه بفعل الجاذبية الأرضية، حتى لو توفر الصرف الجيد.

٣- الماء الحر Gravitational Water:

هو الماء الزائد عن الماء الشعرى والهيجروسكوبى، والذى يمكن تحركه بسهولة وصرفه من التربة عند توفر مصارف جيدة.



شكل (٥-١٤): المستويات المختلفةن الرطوبة الأرضية وتحرك الماء فى التربة (عن بكمان وبرادى ١٩٦٠).

وتتوقف نسبة كل قسم من أقسام الماء على قوام التربة وتركيبها، ونسبة المادة العضوية، ودرجة الحرارة.

كما يقسم الماء الأرضي حسب تيسره للنبات كما يلي:

١- ماء غير ميسر للنبات Unavailable Water.

٢- ماء ميسر للنبات Available Water.

٣- ماء زائد Superfluous Water أو الماء الحر.

ينصرف الماء الزائد سريعًا بعيدًا عن منطقة نمو الجذور عند توفر صرف جيد، ويكون انصرافه بسرعة كبيرة فى الأراضى الرملية بالمقارنة بالأراضى الطينية، فقد يستغرق ذلك يومًا واحدًا فى الأراضى الرملية، بينما قد يحتاج الأمر إلى أربعة أيام أو أكثر فى الأراضى الطينية.

أما الماء غير الميسر للنبات، فتحتفظ به حبيبات التربة بقوة شديدة، ولا يمكن لجذور النبات امتصاصه.

ويكون الماء الميسر للنبات هو ما بين الماء الحر الزائد والماء غير الميسر. وبتعبير أدق .. فإن الماء الميسر للنبات هو الفرق بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم. ويعبر عنه على أساس الوزن الجاف، أو على أساس الحجم، أو على أساس العمق الرطوبى.

ويوضح الموضوع التالى هذا الأمر بصورة أكثر تفصيلاً.

السعة الحقلية، ونقطة الذبول الدائم، والماء الميسر

السعة الحقلية

السعة الحقلية Field Capacity هى النسبة المئوية للرطوبة المتبقية فى التربة بعد صرف الماء الزائد الذى يتحرك بفعل الجاذبية الأرضية. وبرغم صعوبة تقدير السعة الحقلية لعدم وجود حد فاصل على المنحنى الذى يبين العلاقة بين النسبة المئوية للرطوبة فى التربة مع الزمن، إلا أنها تستعمل بكثرة للدلالة على كمية الماء الصالحة لاستعمال النبات فى التربة. هذا .. وتجدر ملاحظة أن القسم الأكبر من

الماء الزائد ينصرف بعيدًا عن منطقة الجذور قبل أن يحصل منه النبات على أى قدر يذكر.

وتقدر السعة الحقلية — عادة — بعد يومين من الرى الذى يكفى لبل التربة إلى العمق الذى يُراد اختباره، إلا أنه تجدر ملاحظة أن كثيرًا من العوامل تؤثر على دقة التقدير، مثل: درجة الحرارة، وسرعة تبخر الماء من سطح التربة، ومقدار النمو النباتى، وما تمتصه النباتات من رطوبة، ووجود طبقات سلتية أو طينية تعوق صرف الماء الزائد. أو وجود مستوى ماء أراضى مرتفع.

ويتراوح الشدّ الرطوبى عند السعة الحقلية بين ٠,١ و ٠,٣٣ ضغط جوى. وتتوقف القيمة على مدى جودة نظام الصرف، وعلى المدة التى تمر من الرى إلى حين تقدير السعة الحقلية، وعلى قوام التربة. وعمومًا .. تكون القيمة قريبة من ٠,١ ضغط جوى فى الأراضى الرملية، وقريبة من ٠,٣٣ ضغط جوى فى الأراضى الطينية، وفى أحيان نادرة ترتفع القيمة إلى ٠,٦ ضغط جوى.

هذا .. وتبلغ النسبة المئوية للرطوبة الأرضية (على أساس الوزن الجاف) عند السعة الحقلية ٤٪ فى الأراضى الرملية، و ١٠٪ فى الأراضى الطميية، و ١٧٪ فى الأراضى الطينية.

نقطة الذبول الدائم

نقطة الذبول الدائم Permanent Wilting Point هى النسبة المئوية للرطوبة الأرضية التى يذبل عندها النبات ذبولاً دائمًا؛ أى لا يستطيع عندها امتصاص الماء من التربة. ويختلف ذلك عن الذبول المؤقت الذى يحدث فى أغلب النباتات فى الأيام الحارة، والتى تشتد فيها الرياح الساخنة برغم توفر الرطوبة الأرضية؛ حيث لا يستطيع النبات امتصاص الرطوبة بالسرعة التى يفقدها بها، ولكنه يستعيد حالته ليلاً أو فى المساء عند انخفاض درجة الحرارة. وتختلف النسبة المئوية للرطوبة عند نقطة الذبول الدائم حسب طبيعة النبات، ودرجة الحرارة، ودرجة تعمق الجذور.

ويصل النبات إلى حالة الذبول الدائم – عادة – بعد فترة تتراوح بين أسبوع وأربعة أسابيع من الرى فى الأراضى الرملية والطينية على التوالى، وقد تطول المدة عن ذلك عند تعمق جذور النباتات.

وتتراوح درجة الشدِّ الرطوبى عند نقطة الذبول الدائم بين ٧ و ٤٠ ضغط جوى حسب المحصول المزروع، ومحتوى التربة من الأملاح، وقوام التربة. وعمومًا .. فالمعدل العام للشدِّ الرطوبى عند نقطة الذبول الدائم هو ١٥ ضغط جوى. وعند هذه النقطة يؤدى أى تغير – ولو كان طفيفًا – فى نسبة الرطوبة إلى إحداث تغيرات كبيرة فى قوة الشدِّ الرطوبى.

وتبلغ النسبة المئوية للرطوبة (على أساس الوزن الجاف) عند نقطة الذبول نحو ٢٪ فى الأراضى الرملية، و ٥٪ فى الأراضى الطميية ، و ٨٪ فى الأراضى الطينية. ويمكن تقديرها بقسمة نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية على ٢ أو ٢,٤ حسب نسبة السلت فى التربة؛ حيث يقسم على ٢,٤ عند وجود نسبة عالية من السلت بها.

الماء الميسر للنبات

الماء الميسر للنبات Available Water هو الفرق بين النسبة المئوية للرطوبة عند السعة الحقلية والنسبة المئوية عند نقطة الذبول الدائم.

وتزداد صعوبة امتصاص الماء الميسر كلما انخفضت نسبة الرطوبة نحو نقطة الذبول؛ ولذلك يقسم الماء الميسر إلى قسمين: أحدهما ميسر بسهولة Ready Available Water، ويبلغ ٧٥٪ من الماء الميسر، والباقى – وقدره ٢٥٪ – أقل تيسرًا. هذا .. وتتأثر نسبة الماء الميسر بالعوامل التالية:

١– نسبة المادة العضوية:

حيث تزداد نسبة الماء الميسر بزيادة المادة العضوية؛ لأنها تحسن خواص التربة الطبيعية، وتزيد من مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. وبرغم أن المادة العضوية نفسها (فى صورة دبال) تكون ذات قدرة أكبر على الاحتفاظ بالرطوبة، إلا أن نقطة الذبول الدائم بها تكون أعلى أيضًا؛ مما يجعل الماء الميسر الذى تحتفظ به أقل من المتوقع.

٢- كمية الأملاح بالتربة حيث يقل الماء الميسر بزيادة الأملاح.

٣- يزداد الماء الميسر بزيادة عمق التربة، ويقل مع وجود طبقات صماء أو طبقات رملية تحت سطح التربة.

ويمكن تقدير كمية الماء الميسر للنبات فى الأنواع المختلفة من الأراضى - بسهولة - بالمعادلة التالية:

$$AWC = \frac{(FC - PWP) \times ASG \times D}{100}$$

حيث إن:

AWC = الماء الميسر Available Water Capcity.

FC = السعة الحقلية Field Capacity.

ASG = الكثافة النوعية الظاهرية للتربة Apparent Specific Gravity

D = عمق التربة Depth الذى تقدر فيه الرطوبة.

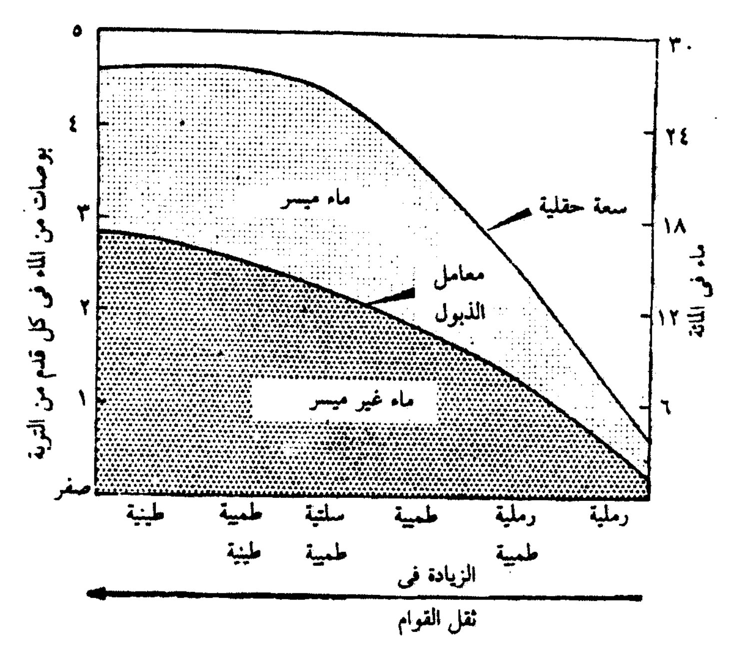
ويقدر الماء الميسر - عادة - فى صورة ملليمتر لكل سنتيمتر (مم/سم)، أو بوصة لكل قدم عمق من التربة، ولكن يفضل التعبير عنه فى صورة نسبة مطلقة يمكن تحويلها إلى أى وحدة قياس.

فمثلاً .. نسبة ماء ميسر مقدارها ١/١٢ أو ٠,٠٨٣ يمكن تحويلها حسب الرغبة إلى أى وحدة قياس؛ فهى تساوى ١ بوصة/قدم، أو ١سم/١٢ سم، أو ٠,٨ بوصة/١٠ بوصات، أو ٨ مم/٠,١م عمق من التربة (Winter ١٩٧٤).

تأثير طبيعة التربة على تيسر الماء للنبات

تختلف الأراضى فى نسبة الرطوبة التى تحتفظ بها ضد الجاذبية الأرضية (السعة الحقلية) وفى نسبة الرطوبة غير الميسرة لامتصاص النبات (بداية من معامل الذبول)؛ ومن ثم فإنها تختلف فى كمية الماء التى تكون ميسرة لامتصاص النبات. فمع الزيادة فى ثقل قوام التربة تزداد كل من الرطوبة عند السعة الحقلية، والرطوبة

عند معامل الذبول، لكن الزيادة فى السعة الحقلية تكون أكبر من الزيادة فى معامل الذبول، وتكون النتيجة زيادة كمية الماء الميسر لامتصاص النبات مع الزيادة فى ثقل قوام التربة؛ كما هو مبين فى شكل (٥-١٥).



شكل (٥-١٥): كمية الماء الأرضى الميسر لامتصاص النبات (وهى المحصورة بين الرطوبة عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول الدائم) فى الأنواع المختلفة من الأراضى.

ويمكن القول إجمالاً إن نسبة الماء الميسر لامتصاص النبات (٪ من حجم التربة) تبلغ:

١- أقل من ١٢,٥٪ فى الأراضى: الرملية الخشنة Coarse sand، والرملية الخشنة الطميية Loamy Coarse Sand، والطميية الرملية الخشنة Coarse Sandy Loam.

٢- من ١٢,٥٪ إلى ٢٠٪ فى الأراضى: الرملية الطميية Loamy Sand، والطينية Clay، والطينية الرملية Sandy Clay، والطينية السلتية Silty Clay، والطميية الطينية Clay Loam، والطميية السلتية الطينية Silty Clay Loam، والطميية Loam.

٣- أكثر من ٢٠٪ فى الأراضى: الطميية الرملية الناعمة جدًّا Very Fine Sandy Loam، والطميية السلتية Silty Loam، والبيت Peaty Soil (Fordham & Biggs ١٩٨٥).

ويبين جدول (٥-٨) الخصائص المائية لبعض أنواع الأراضى؛ متضمنة: نسبة الرطوبة — على أساس الوزن الجاف للتربة — عند كل من السعة الحقلية، ونقطة الذبول الدائم، وكذلك كمية الماء الميسر فى الأنواع المختلفة من الأراضى على أساس كل من: الوزن الجاف للتربة، والحجم، والعمق الرطوبى — كما تقاس كمية مياه الأمطار (بالسم لكل ٣٠ سم عمقًا من التربة)، بالإضافة إلى نفاذية مختلف أنواع الأراضى، ومساميتها.

علاقة تيسر الرطوبة الأرضية للنبات بنموه الجذرى

بطبيعة الحال .. فإن حساب كمية الماء الميسر للنبات يتوقف على مدى تعمق المجموع الجذرى؛ الأمر الذى يتوقف على النوع النباتى، ومرحلة النمو، وعلى طبيعة التربة، ومدى خلوها من العوامل التى تعوق النمو الجذرى.

وتقسم المحاصيل تبعًا لتعمق جذورها — فى مرحلة اكتمال النمو، مع عدم وجود أية عوائق أمام نمو الجذور — إلى ثلاث مجموعات (مع بيان المدى الذى يصل إليه تعمق النمو الجذرى بالسنتيمتر بين قوسين بعد كل محصول) كما يلى:

١- محاصيل سطحية الجذور .. تشمل: الفاصوليا (٥٠-٧٠ سم)، والبروكولى (٤٠-٦٠ سم)،، والكرنب (٤٠-٥٠ سم)، والقنبيط (٣٠-٦٠ سم)/ والخس (٣٠-٥٠ سم)، والبصل (٣٠-٥٠ سم)، والبطاطس (٤٠-٦٠ سم)، والأرز (٥٠-٧٠ سم)، والسبانخ (٣٠-٥٠ سم).

٢-محاصيل ذات جذور متوسطة التعمق فى التربة .. وتشمل: الشعير (١٠٠-١٥٠ سم)، و الجزر (٥٠-١٠٠ سم)، والبرسيم (٦٠-٩٠ سم)، والباذنجان (٩٠-١٢٠ سم)، والحبوب النجيلية الصغيرة (٩٠-١٥٠ سم)،والبسلة (٦٠-١٠٠ سم)، والفلفل (٥٠-١٠٠ سم)، والبطاطا (١٠٠-١٥٠ سم)، والطماطم (٧٠-١٥٠ سم)، والبطيخ (١٠٠-١٥٠ سم).

٣- محاصيل متعمقة الجذور: وتتضمن: البرسيم الحجازى (١٠٠-٢٠٠ سم)، والقطن (١٠٠-١٧٠ سم)، والفاكهة المتساقطة الأوراق (١٠٠-٢٠٠ سم)، والذرة (١٠٠-٢٠٠ سم)، والذرة الرفيعة (١٠٠-٢٠٠ سم)، وقصب السكر (١٠٠-١٢٠ سم).

جدول (٥-٨): الخصائص المائية لبعض أنواع الأراضى.

الخاصية[أ]	المتوسط العام والمدى (بين قوسين) فى الأراضى المختلفة القوام					
	الرملية	الرملية الطميية	الطميية	الطينية الطميية	السلتية الطميية	الطينية
الوزن النوعى الظاهرى (As)	١,٦٥	١,٥	١,٤٠	١,٣٥	١,٣٠	١,٢٥
Apparent. Spec. Grav.	(١,٨-١,٥٥)	(١,٦٠-١,٤)	(١,٥٠-١,٣٥)	(١,٤٠-١,٣٠)	(١,٣٥-١,٢٥)	(١,٣٠-١,٢٠)
السعة الحقلية FC (٪)	٩	١٤	٢٢	٢٧	٣١	٣٥
Field Capacity	(١٢-٦)	(١٨-١٠)	(٢٦-١٨)	(٣١-٢٣)	(٣٥-٢٧)	(٣٩-٣١)
معامل الذبول PWP (٪)	٤	٦	١٠	١٣	١٥	١٧
Permanent Wilt. Point	(٦-٢)	(٨-٤)	(١٢-٨)	(١٥-١١)	(١٧-١٣)	(١٩-١٥)
الماء الميسر:						
على أساس الوزن الجاف للتربة (٪)	٥	٨	١٢	١٤	١٦	١٨
$P_w = FC - PWP$	(٦-٤)	(١٠-٦)	(١٤-١٠)	(١٦-١٢)	(١٨-١٤)	(٢٠-١٦)
على أساس حجم التربة (٪)	٨	١٢	١٧	١٩	٢١	٢٣
$P_v = P_w A_s$	(١٠-٦)	(١٥-٩)	(٢٠-١٤)	(٢٢-١٦)	(٢٣-١٨)	(٢٥-٢٠)
على أساس سم/٣٠ سم عمقاً	٢,٥	٣,٥	٥	٥,٧٥	٦,٢٥	٦,٧٥
$d = \frac{P_w}{100} A_s D$	(٣,٠-٢,٠)	(٤,٥-٢,٧٥)	(٥,٧٥-٤,٢٥)	(٦,٥-٥,٠)	(٧,٠-٥,٥)	(٧,٥-٦,٠)
النفاذية (سم/ساعة)	٥	٢,٥	١,٢٥	٠,٧٥	٠,٢٥	٠,٥
Infiltration	(٢٥-٢,٥)	(٧,٥-١,٢٥)	(٢,٠-٠,٧٥)	(١,٥-٠,٠٢٥)	(٠,٥-٠,٠٢٥)	(١,٠-٠,١٢٥)
المسامية (٪)	٣٨	٤٣	٤٧	٤٩	٥١	٥٣
Total Pore Space	(٤٢-٣٢)	(٤٧-٤٠)	(٤٩-٤٣)	(٥١-٤٧)	(٥٣-٤٩)	(٥٥-٥١)

(أ) P_w النسبةالمئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف، و P_v= النسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم، و d= العمق الرطوبى، و D = عمق طبقة التربة التى يُراد تقدير الرطوبة فيها.

هذا .. إلا أن امتصاص الجذور للماء لا يكون متساويًا على امتداد النمو الجذرى فى مختلف أعماق التربة، ولكنه يقل تدريجيًّا؛ حيث يبلغ استنفاذ الجذور لما تحتويه

التربة من ماء ميسر للنبات حوالى ٨٠٪ فى الربع الأول من النمو الجذرى، ينخفض إلى ٦٠٪ فى الربع الثانى، وإلى ٤٠٪ فى الربع الثالث ، ثم إلى ٢٠٪ فى الربع الأخير من النمو الجذرى، بمتوسط استنفاذ للماء يقدر بنحو ٥٠٪ من الماء الميسر للامتصاص فى التربة فى الحيز الذى ينتشر فيه المجموع الجذرى.

ونظرًا لأن النباتات لا يمكنها استنفاذ أكثر من ٥٠٪ من الماء الميسر للامتصاص بسهولة؛ لذا .. فإن الحقل يروى — عادة — عند استنفاذ هذا القدر من الماء. وتكون القاعدة عند الرى — حينئذٍ — هى أن تعادل كمية الماء المضافة نصف كمية الرطوبة التى يمكن أن تحتفظ بها التربة وتكون ميسرة لامتصاص النبات فى منطقة النمو الجذرى. ويتوقف معدل الرى — أو الفترة بين الريات – على سرعة استنفاذ النباتات للماء الميسر لها (عن Stern ١٩٧٩).

تقسيم نباتات الخضر حسب حاجتها إلى الرطوبة الأرضية

تقسم نباتات الخضر حسب حاجتها للماء إلى ثلاثة أقسام، كما يلى:

١– نباتات محبة للرطوبة Hydrophytes:

وهى التى تعيش فى الماء أو تحتاج إلى توفر الرطوبة الأرضية دائمًا بكميات كبيرة؛ ومن أمثلتها فى محاصيل الخضر: القلقاس، والكرسون المائى.

٢– نباتات متوسطة فى احتياجاتها إلى الماء Mesophytes:

وهى التى تتعرض للذبول إذا فقدت نحو ٢٥٪ من محتواها الرطوبى، وتشمل معظم النباتات المزروعة؛ مثل: الطماطم، والفلفل وغيرهما.

٣– نباتات تتحمل ظروف الجفاف Xerophytes:

وهى التى لا تتعرض للذبول إلا بعد أن تفقد من ٥٠٪–٧٥٪ من رطوبتها، كما أن تركيبها يسمح لها بمقاومة ظروف الجفاف. ومن أمثلتها من محاصيل الخضر: السبانخ النيوزيلاندى (Meyer وآخرون ١٩٦٠، و Yamaguchi ١٩٨٣).

ويستدل من دراسات Itani وآخرين (١٩٩٢) أن نباتات اللوبيا وفاصوليا المنج *Vigna*

radiata تتحملان الشدِّ الرطوبى لفترات أطول إذا قورنت بنباتات الفاصوليا العادية وفول الصويا بسبب قدرتهما على الاحتفاظ بالرطوبة بأنسجتهما لفترة أطول.

ويميل بعض العلماء إلى استعمال مصطلح مقاومة الجفاف Drought Resistance، ليعنى به حالتى: تجنب الجفاف Drought Avoidance، وتحمل الجفاف Drought Tolerane. ويقصد بتجنب الجفاف قدرة النباتات على إكمال دورة حياتها فى فترةزمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة، كما فى عديد من النباتات الصحراوية.

ويرجع تحمل النباتات للجفاف إما إلى قدرتها على تأخير فقد الرطوبة من أنسجتها (Desication)، وإما إلى تحملها الفقد الرطوبى عند حدوثه. ويحدث تأخير الفقد الرطوبى إما بخفض النبات لمعدل النتح، وإما بزيادة معدل امتصاصه للماء. أما تحمل النبات للجفاف فيحدث من خلال التنظيم الأسموزى لخلايا النبات بالقدر الذى يسمح باستمرار امتلائها (Cell Turger)، وتوسعها (Cell Expansion)، ونموها (عن Parsons ١٩٧٩، و Hasegawa وآخرين ١٩٨٤).

العوامل المؤثرة فى تأقلم النباتات على ظروف الشدِّ الرطوبى

يتأثر مدى تأقلم النباتات على ظروف الشدّالرطوبى بالعوامل التالية:

١-سرعة تطور حالة الشدِّ الرطوبى:

حيث يسمح نقص فىالجهد المائى (قدره -٠,١ إلى -٠,٥ميجاباسكال يوميًا) بحدوث التأقلم، بينما يكون الشّللائى أسرع من أن يحدث معه التأقلم إذا تراوح النقص فى الجهد المائى بين -١,٠ و -١,٢ ميجاباسكال يوميًا.

٢- درجة الشدِّ:

حيث يمكن الإبقاء على حالة الامتلاء الكامل full turger فى المراحل المبكرة من التعرض للشدِّ الرطوبى، ولكن تلك القدرة تقل مع استمرار حالة الشدِّ.

٣- العوامل البيئية:

يكون للعوامل البيئية المؤثرة على سرعة الجفاف — مثل الحرارة وشدة الإضاءة — دور مباشر، بينما يكون للعوامل المؤثرة على معدل البناء الضوئى دور غير مباشر.

٤- الاختلافات الوراثية بين الأصناف والأنواع النباتية.

٥- عمر النبات.

ومن مظاهر التأقلم النباتى على الشدِّ الرطوبى نقص المساحة الورقية؛ والذى يؤدى إلى نقص فقد الماء من النبات.

كما يؤدى الشدِّ الرطوبى إلى الإسراع بموت الأوراق المسنة وموتها مبكرًا؛ الأمر الذى يقلل أكثر من فقد النبات للماء، علمًا بأن تلك الأوراق لا تُسهم كثيرًا فى إمداد الثمار، أو البذور، أو الأعضاء النباتية الأخرى بالغذاء المجهز.

كذلك تتغير مع الشدِّ الرطوبى زاوية ميل الورقة وشدة عكسها للضوء، وتزداد حالة التفاف الأوراق، وخاصة فى النجيليات، علمًا بأن هذا الالتفاف قد يؤدى إلى نقص النتح بنحو ٧٠٪ ونقص المساحة الورقية المعرضة لضوء الشمس المباشر بنحو ٦٨٪.

مضادات النتح

تستخدم مضادات النتح Anti-transpirants — كما أسلفنا — بهدف زيادة مقاومة فقد الماء من الأسطح الورقية، إما بتكوينها لحاجز فيزيائى (غشاء)، وأما بتحفيزها إغلاق الثغور.

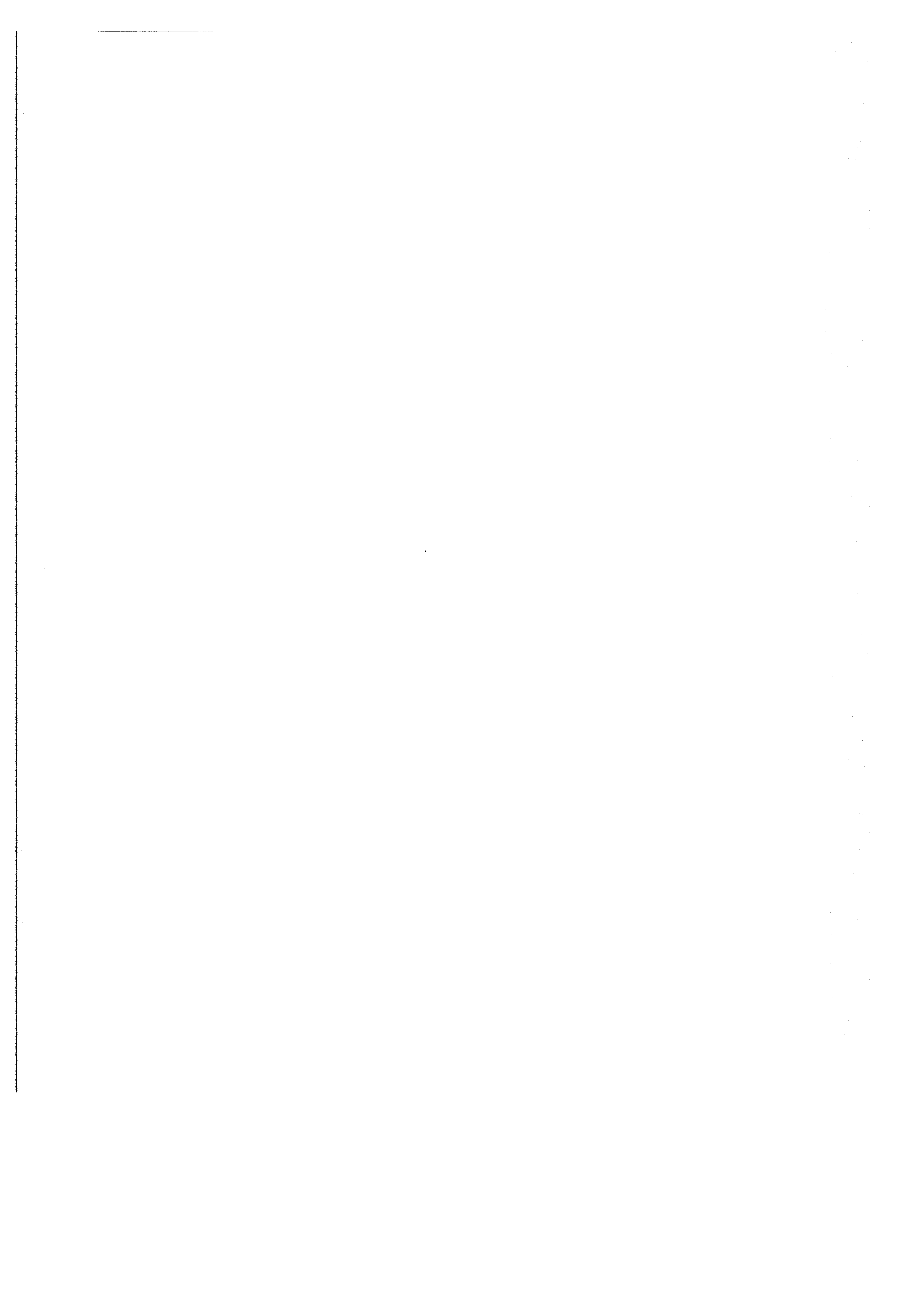
تستعمل المركبات المكونة للأغشية كمستحلبات مائية؛ حيث ترش بها النباتات، أو تغمس فيها الشتلات. وبعد تبخر المادة الحاملة (الماء) .. يتبقى غشاء من المادة مغطيًا سطح الأوراق، ومكونًا حاجزًا فيزيائيًّا يمنع — أو يخفض — فقد بخار الماء من الورقة. كما يزيد الغشاء كثيرًا من مقاومة فقد الماء من خلال الثغور، ولكن تأثيره يكون قليلاً عندما تكون الثغور مغلقة. وتستخدم عديد من المركبات كمكونات للأغشية على الأسطح النباتية؛ منها: السيليكون، والبوليفينيل كلوريد، وعديد من الشموع والكحولات الدهنية.

وقد وجد Ibrahim وآخرون (١٩٩٣) أن مضادات النتح المكونة للأغشية (مستحلب شمعى، و epoxy-linseed oil emulsion بتركيز ١,٢٥٪ لأى منهما) أدت إلى زيادة

محصول الطماطم والكوسة جوهريًا — مقارنة بمعاملة الشاهد — ولكن مضاد النتح phenyl mercuric acetate الذى يؤدى إلى انغلاق الثغور — بتركيز ٠,٠١ مللى مولار — أنقص المحصول. وقد أدت جميع مضادات النتح المستعملة والمشار إليها إلى زيادة كفاءة استعمال النبات لمياه الرى.

أما المركبات التى تؤدى إلى انغلاق الثغور أو تثبيط انفتاحها فإنها إما أن تؤثر — بصورة غير مباشرة — من خلال عملها كمثبطات أيضية لبعض مراحل التنفس؛ مثل phenylmercuric acetate (اختصارًا: PMA) و Alkenylsuccinic acids، وإما أن تؤثر بصورة مباشرة فى عمل الثغور، كما فى حالة الهرمون الطبيعى حامض الأبسيسك، ومنظم النمو ٢، ٤–د 2,4-D.

هذا ..ولا يجوز استعمال مركبات مثل PMA كمضادات للنتح فى المحاصيل التى تستعمل فى تغذية الإنسان؛ مثل محاصيل الخضر؛ لاحتوائها على الزئبق (عن McKee ١٩٨١).



الفصل السادس

تقاوى الخضر وإعدادها للزراعة

التقاوى هى الجزء النباتى المستخدم فى الزراعة، وهى البذور فى حالة التكاثر الجنسى، والأجزاء الخضرية، كالفسائل، والدرنات، والكورمات وغيرها فى حالة التكاثر الخضرى. أما عند الزراعة ببذور تحتوى على أجنة لا إخصابية، فإن ذلك يعرف بـ "التكاثر اللاإخصابى Apomixis"، وهى إحدى طرق التكاثر اللاجنسى.

ويعد التكاثر الجنسى أكثر طرق التكاثر شيوعًا فى محاصيل الخضر، يليه التكاثر الخضرى. أما التكاثر اللاإخصابى فهو غير شائع فى محاصيل الخضر.

شروط تقاوى البذور الجيدة

يمثل ثمن التقاوى نسبة ضئيلة من التكاليف الكلية لإنتاج الخضروات، ومع ذلك .. فبدون استعمال تقاوى جيدة فى الزراعة، فإنه لن يمكن الحصول على محصول جيد مربح، مهما كانت درجة الاهتمام بالعمليات الزراعية الأخرى؛ وعليه .. فيجب اقتناء أحسن التقاوى من المصادر الموثوق بها.

وتتميز التقاوى الجيدة بكونها:

١- نقية وخالية من بذور الحشائش والمحاصيل الأخرى، والأتربة، والشوائب.

٢- ذات نسبة إنبات مرتفعة.

٣- خالية من مسببات الأمراض التى تحمل داخل البذور، أو على سطحها.

٤- مطابقة لصنفها؛ أى تمثل الصنف حقيقة.

وطبيعى أن الصنف يجب أن يكون عالى المحصول، جيد الصفات، متوافقًا مع الظروف البيئية وطرق الزراعة المتبعة فى المنطقة التى يزرع بها.

هذا .. وتختلف الحدود الدنيا لنسبة الإنبات التى يجب توافرها فى بذور الخضر المختلفة، وتوضع القوانين التى تحدد ذلك فى مختلف دول العالم لحماية المزارعين من أن تعرض عليهم بذور قد فقدت حيويتها. فعلى سبيل المثال .. تضع السوق الأوروبية المشتركة الحدود الدنيا التالية لنسبة الإنبات فى بذور الخضر:

١- ٦٥٪ لبذور الجزر - الشيكوريا - الهندباء - الكرات - البقدونس.

٢- ٧٠٪ لبذور الأسبرجس - البنجر - القنبيط - الكرفس - الذرة السكرية - البصل - الفجل.

٣- ٧٥٪ لبذور الفاصوليا - كرنب بروكسل - الكرنب - الخس - الكوسة - السبانخ - الطماطم.

٤- ٨٠٪ لبذور الفول الرومى - البسلة - اللفت (Fordham & Biggs ١٩٨٥).

وغالبًا ما تزيد نسبة الإنبات كثيرًا عن تلك الحدود فى البذور التى تنتجها الشركات الموثوق بها.

حجم بذور التقاوى وأهميته

تختلف بذور الصنف الواحد فى الحجم اختلافًا كبيرًا، وبرغم أن جميع بذور الصنف الواحد تحمل نفس العوامل الوراثية، وتعطى نفس الصفات فى النباتات التى تنتج من زراعتها، إلا أن النباتات التى تنتج من زراعة بذور كبيرة غالبًا ما تتفوق على تلك التى تنتج من زراعة بذور صغيرة.

أهمية الاختلافات فى حجم البذور

تتميز البذور الكبيرة الحجم بما يلى:

١- تكون أسرع إنباتًا وأكثر قدرة على الإنبات فى الأراضى التى تكوّن قشرة سطحية صلبة Crust عند جفافها.

٢- تنتج بادرات أقوى نموًا وأكبر حجمًا.

٣- تعطى نباتات أسرع تبكيرًا فى النضج، وأكثر محصولاً.

٤- تكون أكثر إنباتًا، وتزداد معها الكثافة النباتية؛ مما يؤدى إلى زيادة المحصول فى الخضر التى تزرع كثيفة.

ولذلك .. فإنه ينصح دائمًا بتدريج البذور إلى صغيرة ومتوسطة وكبيرة، ثم استبعاد البذور الصغيرة، وزراعة البذور المتوسطة والكبيرة دون خلطهما معًا؛ لأن ذلك يساعد على إحكام عملية الزراعة الآلية، ويزيد من تجانس نمو النباتات (عن Heather & Sieczka ١٩٩١).

العوامل المسببة للاختلافات فى حجم البذور

ترجع الاختلافات فى حجم بذور الصنف الواحد إلى العوامل التالية:

١- تعود الاختلافات بين البذور المنتجة من حقول مختلفة إلى اختلاف هذه البذور فى:

أ- مدى العناية بعمليات الخدمة الزراعية.

ب- مدى مناسبة الظروف البيئية للنمو وعقد البذور.

٢- ترجع الاختلافات بين البذور المنتجة على نفس النبات إلى اختلافها فى موعد الإخصاب.

فمثلاً .. تكون البذور أكبر حجمًا فى الحالات الآتية:

أ- ثمار القرعيات التى تعقد أولاً.

ب- بذور الرتبة الأولى فى الجزر والخضر الخيمية الأخرى.

جـ- البذور التى تخصب أولاً فى نورة السبانخ.

د- البذور التى تعقد بالقرب من قاعدة النبات فى الأسبرجس.

بعض العوامل المؤثرة فى نسبة وقوة إنبات البذور

نضج البذور

أمكن التوصل إلى طريقة لتقدير مدى نضج البذور وجودتها تعتمد على قياس مدى فلورة الكلوروفيل فى قصرة البذور السليمة. وبصورة عامة، فإن كمية الكلوروفيل ترتبط

مباشرة بعملية فقد الاخضرار أثناء نضجها؛ أى بمدى النضج. وباستخدام بذور صنف الكرنب Bartolo .. أمكن تقسيم البذور إلى ثلاث فئات اعتمادًا على إشارات فلورة الكلوروفيل للبذور المفردة الكاملة. وكانت أقل البذور فى فلورة الكلوروفيل أعلاها فى نسبة الإنبات وفى إنتاج بادرات طبيعية (Jalink وآخرون ١٩٩٨أ)، ومع صنف الكرنب Ernando كانت العلاقة عكسية بين شدة فلورة الكلوروفيل وجودة البذور معبرًا عنها بنسبة الإنبات، وسرعته وتجانسه، ونسبة البادرات الطبيعية. ويمكن بهذه الطريقة زيادة نسبة إنتاج البادرات الطبيعية فى لوط من البذور من ٩٠٪ إلى ٩٧٪ باستبعاد البذور ذات إشارات الفلورة العالية. ويعد هذا الاختبار سريعًا وحسّاسًا وغير مؤذ للبذور (Jalink وآخرون ١٩٩٨ب).

دور كثافة التلقيح على قوة نمو النباتات التى تنمو من البذور العاقدة

وجد أن غزارة التلقيح فى الكوسة — أى كثرة أعداد حبوب اللقاح التى تنتقل إلى مياسم الأزهار عند التلقيح — لها تأثير إيجابى حقيقى — وإن كان محدودًا — على قوة نمو النباتات التى تنتج من زراعة البذور التى تعقد جراء ذلك التلقيح (Schlichting وآخرون ١٩٩٠).

إطلاق البذور للأسيتالدهيد أثناء تخزينها

تطلق كثير من البذور الجافة أنواع مختلفة من المركبات المتطايرة أثناء تخزينها، تتسبب فى سرعة تدهورها، ومن أبرزها المركبات الكربونيلية carbonyl، وبخاصة الأسيتالدهيد، الذى ينطلق من البذور حتى فى حرارة -٣,٥°م. وربما يُحدث الأسيتالدهيد تأثيره من خلال ما يسببه من تدهور لبروتين البذور (Esashi وآخرون ١٩٩٧).

تأثير توفر الأوكسجين عند الإنبات على قوة إنبات البذور القديمة

تتعرض البذور الكبيرة الحجم وكذلك البذور القديمة لنقص فى إمدادات الأكسجين لأنسجتها الداخلية (hypoxic conditions) عند إنباتها. وقد وجد عند معاملة بذور

الذرة والكوسة والطماطم بتركيزات مختلفة من محلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 تراوحت بين ٠,٠٦٪ إلى ٣,٠٪ (حجم/حجم) في مزارع هوائية aeroponics، مع ٠,٥ مللي مول كبريتات كالسيوم أن معاملة الـ ٠,١٥٪ H_2O_2 وفرت التركيز المثالي من الأكسجين لإنبات البذور. كذلك كانت نسبة إنبات بذور الذرة المتدهورة (aged) المعاملة بالـ H_2O_2 بتركيز ٠,١٥٪ أعلى من نسبة الإنبات في البذور غير المعاملة، التي كان امتصاصها للماء أبطأ جوهريًا. وتُظهر هذه النتائج أهمية هذه المعاملة للبذور القديمة والبذور الكبيرة الحجم حتى ولو كانت حديثة الإنتاج. وتتضح أهمية تلك النتائج — خاصة — في إنقاذ الجيرمبلازم من الفقدان — بفقد قدرته على الإنبات — في برامج التربية (Liu وآخرون ٢٠١٢).

تأثير حامض الأبسيسك الطبيعي على إنبات البذور

توجد طفرة من الطماطم تعرف باسم sitiens تتميز بانخفاض محتوى الجنين والإندوسيرم فيها من حامض الأبسيسك إلى نحو ١٠٪ من محتوى الحامض في الأجزاء المماثلة من بذور الأصناف العادية. تنبت بذور هذه الطفرة أسرع كثيرًا من إنبات بذور الطماطم العادية؛ بل أن بعض بذورها تنبت في الثمار ذاتها قبل استخلاصها منها، وهي الظاهرة التي تعرف باسم vivopary. ومن المعتقد بأن الاختلاف في الإنبات بين الطفرة والطماطم العادية ليس مرده إلى اختلاف محتوى بذورهما أو ثمارهما — النهائي — من حامض الأبسيسك، وإنما إلى تعرض البذور العادية — أثناء تكوينها — إلى تركيزات عالية من الحامض؛ الأمر الذي يوقف استطالة الجذير في الجنين، وهو ما يمكن استمرار ملاحظته في البذور المخزنة تخزينًا جافًا لفترات طويلة بعد استخلاصها (Groot & Karssen ١٩٩٢).

هذا .. ويستعرض Cantliffe (١٩٩٨) مختلف الجوانب الفسيولوجية لعملية إنبات البذور، والعوامل المؤثرة فيها، مثل: الرطوبة ودرجة الحرارة والتهوية والضوء، وما يحدث بها من تغيرات خلال التخزين تؤثر في حيويتها وقوة إنباتها عند زراعتها، وجميع هذه العوامل، فضلاً عن الإصابات المرضية ومعاملات التخلص

منها، وكذلك معاملات التحبب pelleting والتغليف coating تؤثر في تجانس الإنبات وزيادة نسبته.

معاملات البذور

نادرًا ما تستخدم بذور غير معاملة — بأى من عدد المعاملات — في الزراعة. ومن أهم هذه المعاملات ما يلى:

١- المعاملة بالمبيدات، وهى أكثر المعاملات شيوعًا، وفيها يغطى سطح البذور بغلاف رقيق من أحد المبيدات الفطرية، وقد تكون معاملتها بمبيد حشرى جهازى. وتضاف — غالبًا — صبغة براقة اللون مع المبيد للتذكير بأن البذور معاملة بأحد المبيدات.

٢- معاملة بذور البقوليات ببكتيريا الرايزوبيم لتحسين تثبيت آزوت الهواء الجوى بعد الإنبات.

٣- تغليف البذور coating أو تكويرها pelleting، وخاصة البذور الصغيرة الحجم لتسهيل تداولها. وفى حالة التغليف تضاف إلى البذور طبقة من التربة الداياتومية diatomaceous earth بهدف زيادة حجمها دون التأثير في شكلها. وتجرى هذه العملية ليس فقط لتسهيل تداول البذور، ولكن كذلك لأجل إضافة مركبات كيميائية للغلاف، ولتحسين تلامس البذور مع التربة، ولتلقيحها بالكائنات الدقيقة. وفى حالة التكوير تستمر إضافة طبقة الغلاف إلى أن تصبح البذرة كروية الشكل؛ الأمر الذى يجعل زراعتها يدويًّا وآليًّا أكثر سهولة. وفى إحدى معاملات التكوير تنشق البذور لدى ترطيبها بالماء فلا يشكل الغلاف أى عائق أمام نمو الجذير أو تيسر الأكسجين للإنبات.

٤- البرايمنج Priming.

ونتناول بعض هذه المواضيع .. فيما يلى بالتفصيل.

معاملات تجرى بغرض إنهاء حالة السكون وفترة لراحة فى البذور

من أمثلة المعاملات التى تجرى بغرض إنهاء حالة السكون وفترة الراحة فى بذور بعض الخضر ما يلى:

١- التجريح الميكانيكى Mechanical scarification:

يجرى ذلك للبذور ذات الغطاء الصلد بإحداث خدوش بها بطريقة ميكانيكية تسمح بدخول الماء وتبادل الغازات. وقد تفيد هذه المعاملة فى بعض سلالات الفاصوليا، لكن غالبية الأصناف التجارية من الفاصوليا تنبت بسهولة، دون حاجة إلى ذلك.

٢- نقع البذور فى الأحماض Acid scarification:

وهى معاملة تجرى أيضًا فى حالة البذور ذات الغطاء البذرى الصلد، ولنفس الغرض السابق. يستخدم حامض الكبريتيك لهذا الغرض. وقد تفيد هذه المعاملة مع بعض سلالات البامية.

٣- المعاملة ببعض المركبات؛ مثل نترات البوتاسيوم Potassium Nitrate، والثيوريا Thiourea، وهيبوكلوريت الصوديوم Sodium Hypochlorite، وهى أكثر المواد استخدامًا فى معاملة بذور الخضر.

٤- المعاملة ببعض منظمات النمو، مثل: الجبريللينات، والسيتوكينينات، والإثيلين.

٥- التعريض للضوء.

٦- استنبات البذور فى درجة حرارة منخفضة (٤-٦°م) قبل الزراعة فى الحقل.

وتفيد المعاملات الأربع الأخيرة فى تخليص بذور الخس والكرفس الحديثة الحصاد من فترة الراحة، وكذلك فى تجنب حالات السكون الثانوى، أو السكون الحرارى الذى تدخل فيه بذور الخس عند زراعتها فى الجو الحار.

وبالنسبة للخس .. فإن فترة الحساسية للحرارة المرتفعة لا تدوم أكثر من ٨-١٦ ساعة عند بداية تشرب البذور للماء. ويمكن للنمو النباتى التالى لذلك أن يستمر فى حرارة مرتفعة تصل إلى ٣٥-٤٠°م؛ ولهذا .. فإنه يمكن التقليل من مشكلة السكون الثانوى فى الخس باختيار الصنف المناسب، وبخفض درجة حرارة التربة بالرى فى الوقت المناسب، وبالزراعة فى وقت متأخر من النهار عند انخفاض درجة الحرارة، وبتشرب البذرة للماء فى حرارة ٢٠ °م، ثم التجفيف قبل الزراعة، أو بنقع البذور فى محلول مائى بتركيز ٥ أجزاء فى المليون من كل من حامض الجبريلليك والكاينتين قبل الزراعة (Fordhan & Biggs ١٩٨٥).

وتنبت بذور الكرفس بصورة جيدة فى مجال حرارى يتراوح بين ١٠ °م و ١٩ °م. لكن البذور تدخل فى حالة سكون ثانوى عند ارتفاع درجة الحرارة عن ذلك، وهو ما يعرف باسم "السكون الحرارى Thermodormancy". ويمكن التغلب على حالة السكون الثانوى هذه بنقع البذور فى مخلوط من منظمات النمو التالية:

Ethephon: 2-chloroethylphosphonic acid (Ethrel)

Daminozide: N-dimethylamino succinamic acid (B-Nine)

BAP: 6-benzylamino purine.

ويلزم الضوء لإنبات بذور بعض الخضروات؛ مثل بعض أصناف الكرفس (خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة عن ١٥ °م، والخس (خاصة فى البذور الحديثة الحصاد)؛ حيث تنخفض نسبة الإنبات فى الظلام. ويمكن التغلب على تلك المشكلة فى الكرفس بنقع البذور فى مخلوط من الجبريللينين GA_4، و GA_7 قبل الزراعة.

ظاهرة البذور الصلدة فى البامية ووسائل التغلب عليها

لا تبدأ بذور البامية فى الإنبات قبل مرور ٣٢ يومًا على تفتح الأزهار عند حصاد القرون التى تحتوى على تلك البذور، وبعد مرور ٤ أيام أخرى — أى بعد ٣٦ يومًا من تفتح الأزهار — تبدأ نسبة الرطوبة فى البذور فى الانخفاض، وتبدأ معها — كذلك — الزيادة فى نسبة البذور الصلدة. وعند ٥٠ يومًا من تفتح الأزهار تكون نسبة الرطوبة بالبذور قد انخفضت إلى ١٠٪، وازدادت معها نسبة البذور الصلدة إلى ٥٢٪. وتستمر نسبة البذور الصلدة ثابتة بعد ذلك حتى ولو كان حصادها بعد ٦٠ يومًا من تفتح الأزهار. تكون نسبة إنبات البذور فى أعلى مستوياتها عندما يكون حصاد القرون بعد ٣٩–٤٣ يومًا من تفتح الأزهار، وحينئذٍ تكون ٧٠٪–١٠٠٪ من البذور سوداء اللون على الرغم من ارتفاع محتواها الرطوبى إلى ٣٢٪–٤٤٪. ويؤدى التجفيف البطئ للبذور وهى داخل القرون إلى زيادة نسبة إنباتها، مقارنة بنسبة إنباتها إذا ما كان استخلاصها بعد حصاد القرون مباشرة وهى — أى البذور — مازالت فى المراحل المبكرة لتكوينها. ويعتقد مما تقدم بيانه أن ظاهرة البذور الصلدة فى البامية ترتبط بمحتوى البذور من الرطوبة عند حصادها (Demir ١٩٩٧).

وقد أدت معاملة بذور البامية بحرارة ٥٠°م لمدة يومين إلى زيادة نسبة إنباتها عندما كان حصاد القرون التى احتوت على تلك البذور بعد ٤٣ يومًا — على الأقل — من تفتح الأزهار، وكان ذلك التأثير أكثر وضوحًا عندما استنبتت البذور على ١٨°م، مقارنة بالتأثير عندما كان استنباتها على ٢٥°م، وأعطيت المعاملة الحرارية أكبر فائدة — فى كل من درجتى الاستنبات — عندما كان حصاد القرون التى احتوت على البذور التى عوملت حراريًّا بعد ٥٨ يومًا من تفتح الأزهار، وهى القرون التى احتوت على أعلى نسبة من البذور الصلدة (Demir ٢٠٠١).

هذا .. وللتفاصيل المتعلقة بسكون البذور وحيويتها وإنباتها فى كل من المحاصيل الزراعية والحشائش .. يراجع Helhorst & Toorop (١٩٩٧).

معاملة بذور البقوليات ببكتيريا العقد الجذرية قبل زراعتها

تلقح بذور الخضروات البقولية ببكتيريا العقد الجذرية الخاصة بها قبل الزراعة عندما تكون الزراعة فى أرض لم تسبق زراعتها بهذه المحاصيل، أو أرض لم تزرع بها لمدة أربع سنوات خلت. وتؤدى هذه المعاملة إلى زيادة كفاءة عملية تثبيت آزوت الهواء الجوى بواسطة بكتيريا العقد الجذرية التى تعيش معيشة تعاونية مع البقوليات فى جذورها؛ حيث تحصل منها على المواد الكربوهيدراتية اللازمة لنشاطها، بينما تقوم البكتيريا بعملية تثبيت آزوت الهواء الجوى، وجعله ميسرًا للنبات.

ويتم التلقيح ببكتيريا العقد الجذرية من النوع المناسب للمحصول قبل الزراعة مباشرة بإحدى التحضيرات التجارية المتداولة. وتجرى المعاملة إما للبذور، وإما للتربة — حسب نوع التحضير التجارى — كما يلى:

١– تحضيرات بكتيرية فى البيت موس:

يضاف التحضير — عادة — مباشرة إلى البذور الجافة ويخلط معها، ولكن يبلل البيت موس بقليل من الماء قبل خلطه بالبكتيريا. تزرع البذور المعاملة مباشرة، ولا تعرض لأشعة الشمس المباشرة.

٢- التحضيرات البكتيرية السائلة:

تضاف هذه التحضيرات - عادة - إلى التربة قريبًا من البذور.

٣- تحضيرات محببة (مبرغلة):

تتميز هذه التحضيرات بأنها يمكن أن تزيد كثيرًا من أعداد البكتيريا حول البذور؛ الأمر الذى يكون له أهمية فى الحقول التى لم تسبق زراعتها بالمحصول. تضاف التحضيرات المحببة إلى التربة - مع البذور - عند الزراعة. وتزيد التحضيرات المحببة من فرصة بقاء البكتيريا فى التربة الجافة.

وفى جميع الحالات .. يجب أن تحتوى التربة على نسبة معتدلة من الرطوبة قبل الزراعة.

هذا .. ولا تلزم إعادة عملية التلقيح سنويًّا إذا استمرت زراعة المحصول سنويًّا - أو على فترات متقاربة - فى نفس الحقل. كما أن التلقيح بسلالات بكتيرية عالية الكفاءة لا يفيد فى زيادة معدلات عملية التثبيت؛ لأن السلالات التى استوطنت الحقل تكون أكثر قدرة على المنافسة من السلالة الجديدة المضافة، إلا أن التحضيرات المحببة قد تفيد فى إعطاء السلالة الجديدة فرصة أكبر على المنافسة (عن Stoskopf ١٩٨١).

معاملة البذور بالكلورين (كلورة البذور)

تعرف معاملة البذور بالكلورين باسم bleach treatment نظرًا لأنها تُجرى باستخدام مبيض غسيل مثل الكلوراكس، وهى معاملة فعالة فى تخليص البذور من البكتيريا المرضة التى قد تلوثها سطحيًّا. يوصى بإجراء هذه المعاملة لبذور الفلفل والطماطم والقرعيات والخضر الأخرى إن لم تكن قد أعطيت معاملات أخرى.

تجرى المعاملة برج البذور مع أربعة أجزاء من الماء وجزء من مبيض تجارى للغسيل (مثل الكلوراكس) وملئ معلقة شاى من مادة ناشرة لمدة دقيقة. ويكفى لذلك أربعة لترات من مبيض الغسيل لكل نصف كيلوجرام من البذور، مع عمل تحضير جديد من محلول المعاملة لكل دفعة من البذور. تغسل البذور بعد ذلك جيدًا فى ماء صنبور جارٍ لمدة خمس

دقائق، ثم تنشر لتجف. ويمكن تعفير البذور بالثيرام ٧٥ مسحوق قابل للبلل، بمعدل ملئ ملعقة شاى لكل نصف كيلوجرام من البذور. وتفضل معاملة البذور قبل زراعتها بفترة وجيزة حتى لا يتأثر إنباتها لو تركت طويلاً.

نقع البذور فى الماء قبل الزراعة بهدف تحسين الإنبات

تُنقع – أحيانًا – بذور بعض الخضر فى الماء قبل الزراعة، مثل: بذور القرعيات، والبامية، والأسبرجس، والبنجر، والكرفس، والفلفل، وتعرف هذه المعاملة باسم hydropriming.

ويفيد نقع البذور قبل الإنبات فى الحالات التالية:

١- فى المحاصيل التى يستغرق إنباتها وقتًا طويلاً؛ كما فى الأسبرحس.

٢- فى المحاصيل التى تطول فترات إنباتها فى الجو البارد، كما فى الفلفل.

٣- كعملية ضرورية لتحسين نسبة وسرعة الإنبات، حتى فى الجو المناسب، كما فى الكرفس.

٤- لتحسين إنبات بذور الخضر الصيفية فى الأراضى الباردة؛ كما فى القرعيات، والبامية، والطماطم.

٥- للتخلص من البذور التى فقدت حيويتها، والتى تعطى جورًا غائبة عند زراعتها.

وعند إجراء عملية نقع البذور فى الماء تجب مراعاة ما يلى:

١- أن تكون مدة النقع ٢٤ ساعة، وإذا زادت المدة على ذلك – كما فى حالة الأسبرجس – يجب تغيير الماء يوميًا لتجنب نقص الأكسجين.

٢- يجب أن يجرى النقع فى وعاء مسطح، وأن تكون البذور فى طبقات رقيقة ليسهل عليها الحصول على الأكسجين اللازم للتنفس، والتخلص من ثانى أكسيد الكربون؛ لأن معدل التنفس يزداد عند نقع البذور.

٣- يكون الماء الدافئ أكثر فاعلية من الماء البارد؛ نظرًا لأن فترة النقع اللازمة تقل

مع ارتفاع درجة الحرارة حتى الحد المناسب لإنبات البذور. ففى الأسبرجس تمتص البذور كل احتياجاتها من الرطوبة — وهى حوالى ٤٣٪ — فى مدة ٣٥ ساعة فى حرارة ٣٠°م، بينما يتطلب الأمر ٦٥ ساعة فى حرارة ١٨°م، لكن يجب ألا تزيد حرارة الماء عن الدرجة المثلى لإنبات البذور (Adriance & Brison ١٩٥٥).

٤- يحسن فى حالة القرعيات أن تجرى المعاملة فى قماش ثقيل مبلل تنثر عليه البذور، ويلف على شكل أسطوانة توضع فى مكان دافئ نسبيًّا، إلى أن يبدأ الجذير فى الظهور، وتسمى هذه العملية بـ "التلسين". يستغرق ذلك — عادة — ٢٤ ساعة، وقد تطول المدة عن ذلك فى الجو البارد نسبيًّا.

٥- يجب أن تزرع البذور المنقوعة بالطريقة الحراتى؛ أى تزرع فى تربة رطبة، وتترك بدون رى غالبًا لحين تمام الإنبات، ويكون ذلك فى الأراضى الثقيلة. أما فى الأراضى الصحراوية فإن الرى يستمر بصورة طبيعية بعد الزراعة.

٦- لا يجوز نقع بذور بعض الخضروات كالبقوليات؛ لأن هذه العملية قد تؤدى إلى تلف البذور بسبب امتصاص بذور البقوليات للماء بشدة، وما يتبع ذلك من احتمال تمزق القصرة وانفصال الفلقات.

وأحيانًا يكون مجرد رفع نسبة الرطوبة فى البذور قبل الزراعة — بخلطها مع بيت موس مرطب وتركها فى حيز مغلق لمدة ثلاثة أيام — يكون ذلك كافيًا لتحسين إنبات البذور فى الجو البارد. فمثلاً .. ازداد إنبات بذور الفاصوليا التى تزيد رطوبتها عن ١٢٪ فى الحرارة المنخفضة (الأقل من ١٠°م) عن البذور الأقل رطوبة، وحُصل على نتائج مماثلة فى فول الصويا، وأحد أصناف اللوبيا (عن Marsh ١٩٩٣).

معاملة نقع البذور فى محاليل ذات ضغط أسموزى عالٍ (البرايمنج)

تعريف بمعاملة البرايمنج وتأثيراتها فى البذور

يُعرف البرايمنج Seed Priming بأنه عملية نقع البذور فى محلول مهوى ذى ضغط أسابيعموزى مرتفع؛ بالقدر الذى يمنع تشرب البذور للماء إلى حد بروز الجذير،

ولكنه يحفز النشاط الفسيولوجي والكيميائي الحيوى بالبذور بهدف تحسين نسبة إنباتها، وزيادة تجانسه، وخاصة فى الظروف غير المناسبة للإنبات، مثل الحرارة المنخفضة، والحرارة العالية، والملوحة. ومن أكثر الطرق شيوعًا لتحقيق ذلك تلك التى اقترحها Hedecker، والتى تنقع فيها البذور فى محاليل لمواد ذات ضغط أسموزى مرتفع، يتراوح — عادة — بين ١٠ و ١٥ بارًا، وتترك فيه البذور لمدة ١-٣ أسابيع، بمتوسط أسبوعين للخضر المختلفة.

وكان Hedeker قد اقترح — أصلاً — استعمال مركب ذى وزن جزيئى مرتفع يعرف باسم بوليثلين جليكول Polyethylene Glycol (اختصارًا: PEG)، وهو يتوفر بأوزان جزيئية مختلفة وبتحضيرات تجارية متعددة؛ مثل كربواكس ٦٠٠٠ Carbowax 6000.

تؤدى هذه المعاملة إلى تشرب البذور كمية من الماء تكفى لوصولها إلى بداية مرحلة الإنبات، ولكنها لا تتمكن من امتصاص أية كمية إضافية من الماء لاستكمال الإنبات إلا بعد انتشالها من محلول الـ PEG؛ حيث تنبت بسرعة كبيرة عند زراعتها بعد ذلك. ففى حالة الكرفس — مثلاً — ينبت نحو ٥٠٪ من البذور الجيدة الحيوية خلال ٤٨ ساعة من انتهاء المعاملة بالـ PEG.

وفى حالة الرغبة فى تخزين البذور لفترة بعد معاملتها بمحلول الـ PEG، فإنه يفضل فقط تجفيفها سطحيًّا فى حرارة منخفضة لحين زراعتها؛ حيث تنبت سريعًا عند الزراعة. وقد أفادت هذه المعاملة فى تحسين الإنبات فى بذور البنجر، والجزر، والبصل، والكرفس، والبقدونس، وغيرها.

ويلزم فى البداية — عادة — إجراء اختبار مبدئى لتحديد درجة الحرارة المناسبة لنقع البذور، والتركيز المناسب، ومدة المعاملة المناسبة.

ويطلق — حاليًّا — مصطلح Seed Priming على أية معاملة تنقع فيها البذور، بهدف تحسين نسبة إنباتها وزيادة تجانسه.

ويؤدى عدم إتمام عملية الـ Seed Priming على الوجه الأكمل — وهو ما يعرف باسم

Under Priming — إلى زيادة الفترة التى يكتمل خلالها الإنبات — عند الزراعة بعد المعاملة — عما تكون عليه الحال فى البذور غير المعاملة، ولكن وجود نترات البوتاسيوم فى محاليل نقع البذور يجعل إنباتها أكثر تجانسًا، ويقلل من مساوئ الـ Under Priming (عن Haigh & Barlow ١٩٨٧).

هذا وتعرف البذور الـ Primed بأنها بذور معدلة بيولوجيًا من خلال إضافة أقل كمية من الماء إليها (وغالبًا بعض منظمات النمو) تكفى للسماح للبذور بالدخول فى الخطوات المبكرة للإنبات، ولكن دون أن تنبت حقيقة. وفى تلك الحالة الـ Primed تنبت البذور أسرع وتبزغ بصورة أكثر تجانسًا فى مدى واسع من كل من درجات الحرارة والرطوبة الأرضية، ويترتب على ذلك زيادة فى قوة نمو البادرات وتجانسها وسرعة نموها (Cushman ٢٠٠٦).

مزايا البرايمنج

بعد إسراع إنبات البذور، ورفع نسبة إنباتها، وزيادة تجانسه أهم مزايا الـ Seed Priming كما أسلفنا. ومن المزايا الأخرى للـ Seed Priming أنه يفيد فى تحسين درجة أو نوعية البذور؛ لكونه يسمح بالتخلص من البذور المكسورة، وغير الناضجة، والمصابة بالأمراض — حيث لا تكون قادرة على الإنبات — وكذلك بذور الحشائش والمحاصيل الأخرى المختلفة بها. ويتحقق ذلك بالاستفادة من اختلاف الخصائص الفيزيائية للبذور عقب استنباتها؛ حيث يمكن — مثلاً — التمييز بين البذور النابتة وغير النابتة بالفصل على أساس الكثافة Density Separation.

كذلك فإن من مزايا البرايمنج تحسين قدرة البذور على الإنبات فى مدى حرارى أوسع، وإصلاح التلفيات الخلوية التى قد توجد بها، وإضعاف العوائق أمام نمو الجنين، وتحسين القدرة التخزينية للبذور، وزيادة تمثيل البروتين بها، والتخلص من السكون. هذا إلا أن تأثير الـ Priming يختلف كثيرًا باختلاف الأنواع.

وتتوقف درجة التحسين التى تترتب على البرايمنج على الجودة الابتدائية للبذور،

والنوع المحصولى المعامل، وظروف المعاملة مثل: درجة الحرارة والجهد المائى والمدة وظروف أخرى خاصة بالبيئة المستعملة فى الـ Priming. ولا توجد وصفة بسيطة يمكن تقديمها لأفضل معاملة Priming لكل نوع نباتى، لكن يجب تحديد ذلك بالتجربة والاختبار (Welbaum وآخرون ١٩٩٨).

هذا .. وتفيد معاملات البرايمنج فى تحسين إنبات البذور فى كل من الظروف الطبيعية وظروف الشدِّ، سواء أكان هذا الشدِّ بيئى (مثل شد الملوحة وشدِّ البرودة وشدِّ الحرارة)، أو بيولوجى بسبب تواجد بعض المسببات المرضية فى بيئة الزراعة. وغنى عن البيان أن ظروف الشدِّ البيئى تضعف نسبة إنبات البذور وتبطئ كثيرًا من سرعة إنباتها، وتتسبب فى ضعف نمو البادرات الناتجة، ومن ثم ضعف النمو والمحصول.

معاملات البرايمنج

تتباين كثيرًا معاملات البرايمنج، ومنها:

١- البرايمنج الأسموزى Osmopriming ، ويتضمن النقع فى محاليل ذات ضغط أسموزى عالٍ يسمح بتشريب البذور بالماء جزئيًا بما يسمح ببدء العمليات الأيضية السابقة للإنبات، لكن مع منعٍ لاستكمال الإنبات. ومن أمثلة المركبات التى تستخدم فى عمل تلك المحاليل: السكريات والبوليثيلين جليكول والجليسرول والسوربيتول والمانيتول.

٢- البرايمنج الملحى Halopriming، ويتضمن النقع فى تركيزات مختلفة من أملاح غير عضوية مثل كلوريد البوتاسيوم ونترات البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم ونترات الكالسيوم وكبريتات الزنك وكبريتات المنجنيز.

٣- البرايمنج المائى hydropriming بنقع البذور فى الماء قبل زراعتها لكى تتشرب بالماء وتمر بالمرحلة الأولى من الإنبات.

٤- البرايمنج فى الوسط الصلب matricpriming وفيه يُجرى الـ priming فى وسط صلب (مثل الفيرميكيوليت والبرليت) مع الماء، بما يسمح بمرور البذور بالمرحلة الأولى للإنبات دون استكماله.

٥- البرايمنج الحرارى thermopriming وفيه تنقع البذور قبل زراعتها فى حرارة منخفضة أو مرتفعة، حيث يمكن أن تدفعها المعاملة للإنبات الجيد - بعد ذلك - فى الظروف الحرارية غير المناسبة.

٦- البرايمنج باستعمال هرمونات نباتية بتركيزات مثلى مثل الأوكسينات (IAA، و IBA، و NAA) والجبريللينات والكينتين وحامض الأبسيسك ومتعددات الأمين والإثيلين والبراسينوليد brassinolide وحامض السلسيلك وحامض الأسكوربيك. كما استخدمت كذلك بعض الحاميات الأسموزيةosmoprotectants مثل الجليسين بيتين glycine betaine. وكثيرًا ما تُحسِّن هذه المعاملات إنبات البذور والنمو النباتى والمحصول.

٧- البرايمنج البيولوجى biopriming، وذلك بتغليف البذور بغلاف من بكتيريا تستخدم فى المكافحة الحيوية، ثم تحضينها فى ظروف دافئة رطبة. حيث توفر لها هذه المعاملة حماية من الإصابات ببعض المسببات المرضية بعد الزراعة.

٨- البرايمنج فى برميل دوار drum priming وفيه يسمح بتشرب البذور بكمية معينة ومحددة سابقًا من الماء الذى يُخلط مع البذور فى خلاط برميلى دوار (Ashraf & Foolad ٢٠٠٥).

ولكى يكون القارئ مطلعًا على المصطلحات المختلفة المستخدمة فى وصف حالات البرايمنج نقدم - فيما يلى - تصنيفًا آخر - يتضمن بعض التكرار - لحالات البرايمنج:

١- البرايمنج الملحى halopriming.

يكون نقع البذور فى محلول ملحى.

٢- البرايمنج الأسموزى osmopriming:

يكون نقع البذور فى محاليل أسموزية أخرى.

ويمكن أن يؤدى أى من البرايمنج الملحى أو الأسموزى إلى تأخير فى الإنبات؛ بسبب إحداثهما لزيادة فى الجهد الأسموزى بجنين البذرة.

٣- التكيف الأسموزى osmoconditioning أو الـ osmotic conditioning:

يستخدم هذا التعريف فى حالات استعمال مواد مثل البوليثيلين جليكول فى رفع الضغط الأسموزى (أى استخدامها كـ osmoticum).

٤- البرايمنج فى الوسط الصلب solid matrix priming:

يستخدم هذا المصطلح فى وصف معاملة البذور قبل زراعتها بطمرها فى وسط صلب رطب بدلاً من محلول أسموزى لأجل تحسين إنباتها، حيث يمكن التحكم فى كل من الماء والأكسجين ودرجة الحرارة، ويسمح فيها ببدء النشاط السابق للإنبات فى البذور، لكن مع منع بزوغ الجذير.

٥- الـ matriconditioning:

اقترح هذا المصطلح كبديل لمصطلح solidmatrix priming؛ للتمييز بين تكيف البذور بقوى الـ matric (الوسط الصلب) والشدِّ الأسموزى.

٦- البرايمنج البيولوجى biopriming:

استخدم هذا المصطلح فى توصيف معاملة بذور الذرة السكرية بغطاء بكتيرى ونقعها فى ماء دافئ إلى أن ترتفع رطوبتها إلى ٣٥٪-٤٠٪ (Cantliffe ١٩٩٧).

أمثلة لبعض حالات البرايمنج

• البرايمنج الأسموزى لبذور الطماطم

عندما عُرِّضت بذور الطماطم لبرايمنج أسموزى فى محاليل مهواه عند ضغط أسموزى موحد (-٠,٩ ميجا باسكال) من أى من البوليثيلين جليكول ٦٠٠٠ أو KNO_3 مع الـ K_2HPO_4 فى الظلام على ٢٠ ± ١ ْم لمدة ستة أو ثمانى أيام تحسنت نسبة إنبات البذور فى كل من الحرارة المناسبة للإنبات أو الأقل من المناسبة. لذلك أدت المعاملة - أيًّا كانت حرارة البرايمنج - إلى تقليل الوقت الذى لزم لإنبات البذور - والذى كان ٩,٣ يوم فى البذور غير المعاملة - بنسبة ١٥٪، و ٣٦٪ عندما كان البرايمنج بالبوليثيلين جليكول، وبنسبة ٣٤٪، و ٤٤٪ عندما كان البرايمنج بالـ KNO_3 مع الـ K_2HPO_4 لمدة ٦ أو ٨ أيام، على التوالى. كذلك أدت معاملة البرايمنج إلى تحسين إنبات البذور فى الحرارة المنخفضة (٦، و ٨، و ١٠ ْم)؛ فبينما كانت نسبة إنبات بذور الكنترول على ٨ ْم ٥٪، فإنها تراوحت بين ٢٦٪ للبذور التى عُوملت لمدة ٨ أيام فى محلول البوليثيلين جليكول (لم تكن المعاملة لمدة ٦ أيام فى البوليثيلين جليكول مؤثرة على نسبة إنبات

البذور) إلى ٣٩٪ للبذور التى عوملت لمدة ٨ أيام فى محلول الـ KNO_3 مع الـ K_2HPO_4 (Cavallaro وآخرون ١٩٩٦).

- **استخدام متعددات الأمين فى عمل برايمنج لبذور الطماطم**

أدى نقع بذور الطماطم فى محلول من الأسبرمين spermine، أو الاسبرميدين spermidine بتركيز ٥٠ مجم/لتر لمدة ٢٤ ساعة إلى تحسين إنباتها وقوة نمو البادرات الناتجة، كما أحدثت المعاملة تحفيزًا للنشاط المضاد للأكسدة. هذا بينما لم يؤثر نقع البذور فى تركيز مماثل من البوترسين putrescine فى نسبة الإنبات، فى الوقت الذى قللت فيه من النشاط المضاد للأكسدة، علمًا بأن المركبات الثلاثة هى من متعددات الأمين polyamines (Afzal وآخرون ٢٠٠٩).

- **معاملات برايمنج لتحسين إنبات بذور الفلفل فى الحرارة المنخفضة**

أدى نقع بذور الفلفل فى محلول ٣٪ نترات بوتاسيوم مزود بالمركب 5-aminolevulenic acid بتركيز ٢٥ أو ٥٠ جزءًا فى المليون لمدة ٦ أيام على ٢٥°م فى الظلام إلى تحسين إنبات البذور بعد ذلك على ١٥°م سواء أجرى الإنبات مباشرة، أم بعد التخزين على ٤ أو ٢٥°م لمدة شهر (Korkmaz & Korkmaz ٢٠٠٩).

- **تحسين إنبات بذور الباذنجان القديمة بمعاملات برايمنج**

تحسنت كلاً من نسبة الإنبات وسرعته فى بذور باذنجان بعمر خمس سنوات بمعاملة النقع — قبل الزراعة — فى أى من حامض الجبرلليك بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون، أو فى محلول نترات البوتاسيوم بتركيز ٠,٠١ مول، وذلك مقارنة بإنبات بذور معاملة الكنترول (Demir وآخرون ١٩٩٤).

كمية التقاوى المستخدمة فى زراعة الخضر

العوامل المؤثرة على كمية التقاوى اللازمة للزراعة

تتحدد كمية التقاوى اللازمة للزراعة بالعوامل الآتية:

١- حجم بذور الصنف، خاصة فى البقوليات والذرة السكرية.

٢– نسبة إنبات البذور.

٣– مسافة الزراعة، وطريقة الزراعة السائدة نثرًا، أم فى سطور.

٤– عدد النباتات المطلوبة فى الجورة الواحدة.

٥– طبيعة التربة .. فتزيد كمية التقاوى فى الأراضى الثقيلة.

٦– درجة الحرارة السائدة .. فتزيد كمية التقاوى بنقص أو زيادة درجة الحرارة عن الدرجة المثلى.

٧– حجم وقوة نمو البادرات .. فبعض الخضر – كالجزر – يلزم زراعتها بكثافة، على أن تخف فيما بعد؛ لأن بادراته ضعيفة ورهيفة، وتتأخر فى الإنبات، ولا تستطيع منافسة الحشائش.

٨– احتمالات الإصابة بالأمراض والحشرات عقب الإنبات مباشرة .. ففى حالات توقع الإصابات الشديدة تجب زيادة كمية التقاوى مع إجراء عملية الخف.

حساب كمية التقاوى اللازمة للزراعة

تستخدم المعادلات التالية فى حساب كمية التقاوى اللازم زراعتها:

١– إذا عرفت كمية التقاوى التى يوصى بها لزراعة الفدان الواحد تحت ظروف الزراعة العادية على أساس أن نسبتى النقاوة والإنبات هما النسب القياسية التى يحددها القانون، فإنه يمكن حساب كمية التقاوى التى تجب زراعتها من التقاوى المتوفرة إذا عُلمت نسبتا النقاوة والإنبات فيها كالتالى:

$$\text{كمية التقاوى اللازمة/فدان} = \frac{\text{كمية التقاوى التى يوصى بها} \times \text{القيمة الزراعية القياسية}}{\text{القيمة الزراعية الفعلية}}$$

حيث إن:

$$\text{القيمة الزراعية القياسية} = \frac{\text{نسبة النقاوة القياسية} \times \text{نسبة الإنبات القياسية}}{١٠٠}$$

$$\text{القيمة الزراعية الفعلية} = \frac{\text{نسبة النقاوة الفعلية} \times \text{نسبة الإنبات الفعلية}}{١٠٠}$$

هذا .. ويمكن استخدام القيمة الزراعية الفعلية فى مقارنة التقاوى المتحصل عليها من مصادر مختلفة، إلا أن القيمة الزراعية الفعلية قد تكون واحدة فى عينتين من التقاوى، لكن تفضل واحدة على الأخرى. فمثلاً .. عينة بها نسبة الإنبات ٩٠٪، ونسبة النقاوة ٩٩٪، وأخرى بها نسبة الإنبات ٩٩٪، ونسبة النقاوة ٩٠٪ – تبلغ القيمة الزراعية فى كل منهما ٨٩,١، ومع ذلك تفضل العينة الأولى على الثانية عندما يكون سبب عدم النقاوة هو وجود نسبة مرتفعة من بذور الحشائش، خاصة الخبيثة منها. كما أن نسبة النقاوة يمكن تقديرها بدقة، أما نسبة الإنبات، فلا تكون بنفس الدرجة من الدقة، لأن الاختبار يجرى على عدد محدود من البذور (Davidson ١٩٦١).

٢– يمكن – أيضًا – حساب كمية التقاوى التى تلزم لزراعة الهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠م² = ٢,٣٨ فدانًا) بالمعادلة التالية:

كمية التقاوى اللازمة بالكجم/هكتار =

$$= \frac{\text{متوسط وزن البذرة بالملليجرام} \times \text{عدد النباتات بكل متر مربع}}{\text{نسبة الإنبات المعملية} \times \text{العامل الحقلى}}$$

$$= \frac{\text{١٠٠٠٠} \times \text{عدد النباتات المطلوب زراعتها فى المتر المربع}}{\text{عدد البذور فى الجرام} \times \text{نسبة الإنبات المعملية} \times \text{العامل الحقلى}}$$

حيث إن العامل الحقلى field factor هو عامل تصحيح يأخذ فى الاعتبار النقص فى نسبة الإنبات الذى يحدث تحت ظروف الحقل، بالمقارنة بالإنبات فى المعمل. وعندما يكون العامل الحقلى واحدًا صحيحًا فإن الإنبات يتساوى فى الحقل مع المعمل، ولكنه يتراوح عادة ما بين ٠,٤ تحت الظروف السيئة، كالتربة الثقيلة والحرارة المنخفضة، و ٠,٨ تحت الظروف الحقلية الجيدة.

وتفيد المعادلة السابقة فى حساب كمية التقاوى اللازمة، والتى يمكن زراعتها آليًا على المسافات المرغوبة، دون الحاجة إلى إجراء عملية الخف المكلفة (Bleasdale ١٩٧٣). هذا .. ويحسب عدد النباتات فى وحدة المساحة بالمعادلة التالية:

عدد النباتات فى وحدة المساحة

$$= \frac{\text{المساحة المعنية بالمتر المربع × عدد النباتات فى الجورة}}{\text{المسافة بين الخطوط بالمتر × المسافة بين النباتات بالمتر}}$$

وتطرح — عادة — من المساحة الكلية للحقل النسبة التى تشغلها قنوات الرى والمصارف المكشوفة والممرات، وتتراوح هذه النسبة — عادة — بين صفر٪ فى حالة الرى بالرش أو بالتنقيط مع نظام المصارف المغطاة و ١٠٪ فى حالة الرى بالغمر مع نظام المصارف المكشوفة.

٣- كما يحسب عدد البذور اللازم زراعتها بكل متر طولى من الحقل بالمعادلة التالية:

عدد البذور فى المتر الطولى من الخط

$$= \frac{\text{المسافة بين الخطوط بالسم × عدد النباتات المطلوب زراعتها فى المتر المربع}}{\text{نسبة الإنبات المعملية × العامل الحقلى}}$$

هذا .. ويجب تعديل الحسابات بالنسبة "لبذور" البنجر التى تعتبر ثمارًا حقيقية عديدة البذور. وفى هذه الحالة تلزم معرفة عدد الثمار فى الجرام، وعدد النباتات التى تنتج من ١٠٠ثمرة، ثم نحسب كمية الثمار اللازمة للهكتار بالمعادلة التالية:

كمية التقاوى (الثمار) بالكجم للهكتار

$$= \frac{\text{عدد النباتات المطلوب زراعتها فى المتر المربع × ١٠٠٠٠}}{\text{عدد الثمار فى الجرام × عدد النباتات التى تنتج من ١٠٠ ثمرة × العامل الحقلى}}$$

٤- كذلك يمكن حساب كمية التقاوى اللازمة لزراعة مساحة ما بالمعادلات التالية:

أ- فى حالة الخضروات التى تزرع بالبذور مباشرة فى الحقل:

كمية التقاوى اللازمة بالجرام

$$= \frac{\text{المساحة الفعلية المزروعة بالمتر المربع × عدد البذور فى الجورة}}{\text{مسافة التخطيط بالمتر × مسافة الزراعة بالمتر}} \times$$

$$= \frac{\text{١٠٠}}{\text{نسبة الإنبات}} \times \frac{\text{١}}{\text{عدد البذور فى الجرام}}$$

وتحت الظروف المصرية تحسب المساحة الفعلية المزروعة – عادة – على أساس أنها ٣٨٠٠م٢ للفدان، وذلك بعد استبعاد نحو ٤٠٠م٢ تضيع فى قنوات الرى والبتون والمصارف.

هذا .. وتلزم مضاعفة كمية التقاوى فى حالة الزراعة على ريشتى (جانبى) خطوط الزراعة.

ب– فى حالة الخضروات التى تزرع بطريقة الشتل:

كمية التقاوى اللازمة بالجرام

$$\frac{\text{المساحة الفعلية المزروعة بالمتر المربع}}{\text{مسافة التخطيط بالمتر} \times \text{مسافة الزراعة بالمتر}} \times \frac{١٠٠}{\text{نسبة الإنبات}} \times \frac{١٠٠}{\text{نسبة النجاح}} \times \frac{١}{\text{عدد البذور بالجرام}}$$

حيث إن نسبة الانتخاب هى نسبة الشتلات التى تستعمل فى الزراعة بعد استبعاد الشتلات غير الصالحة. ونسبة النجاح هى نسبة نجاح عملية الشتل (عن خلف الله وآخرين ١٩٨٤).

عدد البذور فى الجرام

يتراوح عدد بذور الخضر فى الجرام الواحد – حسب النوع المحصولى – من ٠٫٧ بذرة فى فاصوليا الليما إلى أكثر من ٥٣٠٠ بذرة فى الكرسون المائى، كما يتضح من القائمة التالية للبذور غير المدرَّجة (عن U. S. Dept. Agric. ١٩٦١).

المحصول	عدد البذور فى الجرام	المحصول	عدد البذور فى الجرام
الأسبرجس	٢٥	الخس	٨٩٣
الفاصوليا	٣,٥	القاوون	٤٣
الفاصوليا الليما	٠,٧–٢,٥	المسترد	٥٣٦
البنجر	٥٧	السبانخ النيوزيلاندى	١٢,٥
البروكولى	٣٢١	البامية	١٨

المحصول	عدد البذور فى الجرام	المحصول	عدد البذور فى الجرام
الكرنب بروكسل	٣٠٤	البصل	٣٤٠
الكرنب	٣٠٤	البقدونس	٦٤٣
الكاربون	٢٣	الجزر الأبيض	٤٢٩
الجزر	٨٢١	البسلة	١,٨-٣,٦
القنبيط	٣٥٧	الفلفل	١٦١
السليرياك	٢٥٠٠	القرع العسلى	٤
الكرفس	٢٥٠٠	الفجل	٧١
السلق السويسرى	٤٣	الروزيل	٣٤
الشيكوريا	٩٢٩	الروتاباجا	٤٢٩
الكرنب الصينى	٣٤٠	السلسفيل	٦٤
الكولارد	٢٨٦	الحميض	١٠٧١
الذرة السكرية	٣,٦-٧,٢	السبانخ	١٠٠
أذرة السلاطة	٢٦٤	قرع الكوسة	١٠,٨
اللوبيا	٤,٥	الطماطم	٣٩٣
الخيار	٣٦	اللفت	٤٦٤
الداندليون	١٢٥٠	البطيخ	٨-١٠,٧
الباذنجان	٢١٤	الفول الرومى	٠,٧-١,٨
الهندباء	٩٢٩	حب الرشاد	٤٩٢
الفينوكيا	١٦١	الكرسون المائى	٥٣٥٧
الكيل	٣٥٧	الحرنكش	١٢٥٠
الكرنب أبو ركبة	٣٨٦	الكرات أبو شوشة	٣٩٣

ومن الطبيعى أن بذور الخضر المدرَّجة الكبيرة الحجم يقل فيها عدد البذور فى الجرام عن الحدود الدنيا المبينة أعلاه.

مزايا وعيوب التكاثر الخضرى

يفيد التكاثر الخضرى فى الحالات الآتية:

١- عندما لا تنتج النباتات بذورًا؛ كما فى الثوم، والقلقاس.

٢- عندما يؤدى التكاثر بالبذور إلى إنتاج نباتات مخالفة فى صفاتها للصفات المميزة للصنف المزروع؛ كما فى جميع الخضروات التى تنتج بذورًا. ولكنها تكثر تجاريًّا بطريقة خضرية؛ مثل الخرشوف، والبطاطا.

٣- عند الرغبة فى مقاومة بعض الأمراض؛ كما فى حالة استعمال أصول طماطم مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور، أو أصول خيار مقاومة للذبول الفيوزارى.

٤- كما يفيد التكاثر الخضرى عمومًا فى وصول النباتات إلى مراحل متقدمة من النمو فى فترة أقصر بكثير مما فى حالة التكاثر البذرى، ويظهر ذلك بوضوح فى حالة الفراولة والبطاطس مثلاً.

ومن أهم عيوب التكاثر الخضرى ما يلى:

١- سهولة انتقال الأمراض الفيروسية من خلال الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر.

٢- زيادة تكلفة التقاوى، بالمقارنة بالتكاثر الجنسى بالبذور.

طرق التكاثر الخضرى فى محاصيل الخضر

تتكاثر بعض محاصيل الخضر تجاريًّا بواحدة أو أكثر من الطرق التالية:

١- بالخلفات أو الفسائل: وهى النباتات الصغيرة التى تنمو من البراعم الجانبية على سيقان النباتات عند سطح التربة؛ كما فى الفراولة، والخرشوف.

٢- بالدرنات: وهى السيقان المتحورة إلى أعضاء تخزين؛ كما فى البطاطس، والطرطوفة.

٣- بالكورمات: وهى كذلك سيقان متحورة إلى أعضاء تخزين، وتظهر عليها عقد، وسلاميات، وأوراق حرشفية، وبراعم عند العقد؛ كما فى القلقاس.

٤- بالأبصال: كما فى البصل والثوم. والأخير يتكاثر بالفصوص التى تكوّن البصلة.

٥- بالجذور: كما فى البطاطا التى تتحور فيها بعض الجذور إلى أعضاء تخزين. وتستخدم الجذور الرفيعة نسبيًّا وغير الصالحة للاستهلاك فى إنتاج الشتلات.

٦- بالعقل الساقية: كما فى البطاطا.

٧- بالعقل الجذرية: كما فى فجل الحصان.

٨- بالمدادات: وهى السيقان الجارية التى تنمو على سطح التربة، وتعطى عند العقدة الثانية نموات جذرية، وأوراقًا، وبراعم يمكن فصلها لتصبح شتلة تستخدم فى التكاثر، كما فى الفراولة.

٩- بتقسيم سيقان نباتات الأمهات طوليًّا؛ بحيث يحتوى كل قسم على برعمين أو ثلاثة، كما فى الخرشوف.

١٠- بالتطعيم:

ويتبع عند الرغبة فى استخدام أصول مقاومة لأمراض معينة، خاصة فى الزراعات المحمية، ولكنه يتبع كذلك فى الزراعات المكشوفة للطماطم، والباذنجان، والبطيخ، والخيار، والقاوون فى كل من كوريا واليابان (Lee ١٩٩٤). وقد أنتج فى اليابان أربعة طرز من الروبوتات (جمع روبوت وهو الإنسان الآلى) لأجل أتْمَتَة عملية التطعيم (Kurata ١٩٩٤).

١١- بالإكثار الدقيق عن طريق مزارع الأنسجة؛ كما فى البطاطس والفراولة. كما تستعمل مزارع القمة الميرستيمية فى كليهما — قبل عملية الإكثار الدقيق — فى تخليص النباتات من الإصابات الفيروسية. وتتبع طريقة مزارع القمة الميرستيمية — كذلك — فى التخلص من الإصابات الفيروسية فى كل من البطاطا، والثوم، والخرشوف، والقلقاس، والكاسافا.

تخزين الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر

كثيرًا ما يستدعى الأمر تخزين الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر لحين زراعتها. وللمحافظة على حيويتها يجب أن يكون التخزين فى ظروف خاصة من الحرارة والرطوبة النسبية؛ كتلك الموضحة فى جدول (٦-١).

جدول (٦-١): الظروف المناسبة لتخزين الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر فى محاصيل الخضر.

المحصول	الجزء المستخدم فى التكاثر	الحرارة المناسبة (°م)	الرطوبة النسبية المناسبة (٪)
الأسبرجس	التيجان	٢-٤	٨٠-٨٥
الثوم	الفصوص أو الرؤوس	١٠	٥٠-٦٥
فجل الحصان	الجذور	صفر	٨٥-٩٠
البصل	البصيلات	صفر	٧٠-٧٥
البطاطس	الدرنات	٢-٤	٩٠
البطاطا	الجذور	١٣-١٥	٨٥-٩٠
الروبارب	التيجان	صفر-٢	٨٠-٨٥
الفراولة	الشتلات	صفر-٢	٩٠-٩٥

الفصل السابع

أوعية نمو النباتات وبيئات الزراعة

تتجه الأساليب العصرية فى إنتاج الخضر إلى استعمال أوعية خاصة لا يعاد استخدامها غالبًا، وتملأ ببيئات خاصة للزراعة ونمو الجذور، وتتبع هذه الوسائل فى إنتاج شتلات الحضر، وهو ما سنتناوله بالشرح فى هذا الفصل.

مواصفات أوعية نمو النباتات وأنواعها

تتعدد أشكال وأنواع أوعية نمو النباتات. وبرغم أن بعض الأصص الكبيرة يمكن أن تستخدم فى زراعة وإنتاج النباتات الكبيرة حتى الحصاد، إلا أن غالبية أوعية نمو النباتات تستخدم فى إنتاج الشتلات.

ويمكن تقسيم الأنواع المختلفة من أوعية نمو النباتات على الوجه التالى:

١- أوعية يعاد استخدامها عدة مرات non-disposable: وهذه تملأ فى كل مرة بالبيئات المستخدمة فى الزراعة.

٢- أوعية تستخدم مرة واحدة disposable، وهى نوعان:

أ- أوعية تُملأ بالبيئات المستخدمة فى الزراعة.

ب- أوعية تحتوى على بيئات الزراعة الخاصة بها.

ويشترط فى الأوعية النباتية الجيدة أن تكون:

١- غير قابلة للصدأ.

٢- قوية.

٣- يمكن تخزينها فى حيز ضيق وهى متداخلة stakable.

٤- خفيفة الوزن.

٥- جيدة المظهر.

٦- رخيصة.

٧- لا تتأثر كثيرًا بدرجات الحرارة الخارجية.

يؤدى استعمال أوعية نمو النباتات — ذات الحيز المحدود لنمو الجذور — إلى إنتاج شتلات تحتفظ بجذورها كاملة ولا تعاني من صدمة الشتل، ولا يتحقق ذلك فى الشتلات التى تُنقل بحذورها عارية، ولا فى تلك التى تنقل بجزء من مجموعها الجذرى وهو محاط بصلية من مخاليط الزراعة، كما يحدث فى صوانى الزراعة غير المقسمة إلى عيون منفصلة لنمو النباتات.

ولقد كان إنتاج الشتلات يتم — غالبًا — فى أوعية تصنع من البيت، إلا أن غالبية الشتلات تنتج حاليًّا فى أوعية بلاستيكية أو أوعية مصنوعة من البوليسترين (الاستيروفوم). وعمومًا فأن أوعية البيت والأصص الفخارية وأقراص الجيفى (مثل جيفى ٧) والمكعبات الليفية fiber blocks والأصص البلاستيكية لم تعد تستخدم فى إنتاج الشتلات على النطاق التجارى، ويقتصر استعمالها على النطاق الضيق.

ولأن الأوعية البلاستيكية وأوعية البوليستربين مكلفة، فإنه يُعاد استخدامها مرات عديدة؛ الأمر الذى يتطلب تطهيرها سطحيًّا عقب كل استخدام لها حتى لا تكون هى ذاتها وسيلة لانتشار الإصابة بالأمراض.

وتُطهر معظم الأوعية باستخدام محلول مبيض غسيل تجارى (مثل الكلوراكس) بتركيز ١٠٪. وتظهر أحيانًا بعض المشاكل عند التطهير بهذه الطريقة إن لم تتم تهوية أوعية البوليسترين بشكل جيد بعد المعاملة؛ ذلك لأن الكلورين قد ينفذ إلى داخل الشقوق؛ ليؤدى إلى تسمم النباتات التى تنمو بتلك الأوعية. ولذا .. يجب بعد إجراء التطهير بالتركيز الموصى به غسيل الأوعية جيدًا بالماء لتقليل احتمالات تسمم النباتات.

وعلى خلاف أوعية البوليسترين، فإن الأوعية البلاستيكية لا توجد بها تلك الثقوب والشقوق الصغيرة التى توجد بالاستيروفوم، والتى قد تأوى مسببات الأمراض، والتى

يصل إليها الكلورين ويتبقى فيها. هذا .. إلا أن للأوعية البلاستيكية حواف قد يصعب تنظيفها، وقد توفر بيئة مناسبة لمسببات الأمراض.

ويتوفر عديد من طرز الأوعية تتباين فى شكلها وحجمها وطريقة ترتيب عيون الشتلات بها. وغالبًا ما تكون الأوعية البلاستيكية وأوعية البوليسترين بصفوف مستقيمة من العيون. كذلك فإن أوعية البوليسترين غالبًا ما تكون عيونها هرمية الشكل مقلوبة، وقد تتباين مساحة العين عند القمة من ٥ إلى ٣٩ سم^{٢}. ويتوقف عدد العيون (أى خلايا إنتاج الشتلات) بالوعاء على حجمها، وقد يتباين العدد من ١٢ إلى ٣٣٨ بالوعاء الواحد. ويحتوى وعاء البوليسترين الذى تكون عيونه بمساحة ٩,٦ سم٢ على ١٢٨ عين، بينما يحتوى الوعاء الذى تكون عيونه بمساحة ١٦ سم^{٢} على ٧٢ عين فقط.

وتترتب العيون فى الأوعية البلاستيكية بنفس نظام أوعية البوليسترين، ولكن نظرًا لأن جدر العيون البلاستيكية تكون أرق، فإن الأوعية البلاستيكية تحتوى على عدد أكبر من العيون عما تحتويه أوعية البوليسترين المماثلة فى الحجم وفى مساحة العين.

هذا .. وتحتاج الأنواع النباتية المختلفة لعيون بمساحات مختلفة نظرًا لتباين احتياجاتها من المكان والعناصر والماء. وطبيعى أن العيون الأكبر يكون حجم ما تحتويه من بيئة الزراعة كبيرًا؛ بما يسمح باحتفاظها بقدر أكبر من الماء والعناصر المعدنية، وبذا .. فإن الشتلات النامية فيها يمكن أن تسمد وتروى على فترات أكبر تباعدًا عما تكون عليه الحال فى الأوعية ذات العيون الصغيرة. وهى — بذلك — تقلل فرصة تعرض الشتلات لشدٍ غذائى أو رطوبى. وتكون الشتلات المنتجة فى العيون الكبيرة أقل رهافة وأسرع نموًا وإنتاجًا بعد الشتل. وهى – بالنظر لأن مجموعها الجذرى يكون أكبر — فإن معاناتها من صدمة الشتل لا تكون كبيرة. هذا .. إلاّ أن الإفراط فى رى تلك العيون الكبيرة قد يؤدى إلى زيادة فرصة إصابة جذور الشتلات بالأعفان.

وعمومًا .. فإن الخلايا الصغيرة (٦,٥–١٠سم^{٢}) تستخدم فى إنتاج شتلات نباتات مثل

الكرنب والبروكولى والقنبيط والكولارد والكيل والخس. وتحتوى هذه الأوعية — غالبًا — على ٢٠٠–٣٣٨ عينًا. أما العيون الأكبر (١٠–١٦ سم^{٢}) فهى تستخدم — غالبًا — فى إنتاج شتلات الطماطم والفلفل والباذنجان والبطيخ والكنتالوب والخيار والكوسة.

وتحتوى بعض الأوعية على خلايا دائرية تكون مرتبة فى الصفوف بالتبادل، وهى قد توفر مساحة أكبر قليلاً لنمو الشتلات إن كانت العيون صغيرة ومزدحمة، ولكنها لا تفيد إن كانت العيون كبيرة وقليلة العدد.

وقد يؤدى نمو جذور الشتلات من قاع العيون أو فى شقوق الاستيروفوم إلى صعوبة جذب الشتلات لأجل شتلها، إلا أن ترطيب العيون قبل تلك العملية يجعل من السهل جذبها، كما يقلل من فرصة تعرض الشتلات لشدٍ رطوبى إذا ما حدث تأخير فى شتلها (Boyhan & Granberry ٢٠٠٨).

وتعرف عديد من أنواع أوانى وأوعية إنتاج الشتلات، ومن أمثلتها:

١– الخلايا البلاستيكية plastic cells:

عبارة عن صوانٍ بلاستيكية تحتوى على عيون بأحجام مختلفة.

٢– أصص البيت peat pots:

٣– أقراص جيفى ٧ Jiffy 7.

٤– صوانى السبيدلنج Speedling flats:

أُنتجت أصلاً بواسطة Speedling Co.، وهى صوانٍ من الاستيروفوم تحتوى على عيون بأحجام مختلفة.

٥– السُدادات Plugs:

هى صوانٍ بخلايا صغيرة جدًّا تُملأ بالبيت مع الفيرميكيوليت، وقد تحتوى الصينية الواحدة على ٢٠٠ أو ٤٠٠ أو ٦٠٠ خلية ويمكن زراعتها آليًّا (Marr ١٩٩٤).

ونتناول بالشرح — فيما يلى — وبتفصيلات أكبر — مختلف النقاط التى أثرناها فيما سبق.

الأوعية النباتية التى يعاد استخدامها

الأصص

الأصص pots قد تكون مسامية، أو عديمة المسام. وتصنع الأصص المسامية من الطمى، فى حين تصنع الأصص العديمة المسام من المعدن أو الخرسانة أو المطاط أو البلاستيك، وتصنع كلها بأحجام مختلفة.

يعيب الأوعية المسامية (الفخارية) تراكم الأملاح بها. وتعالج هذه المشكلة بنقع الأصص من حين لآخر فى الماء لعدة ساعات، ثم غسلها فى ماء جار. كما يعيب الأوعية غير المسامية سوء التهوية بها، واحتمال زيادة رطوبتها إلى الحد الضار بالنباتات النامية بها. ومن المشاكل الأخرى .. امتصاص جدر الأوعية الفخارية الجديدة لجزء من النترات المستخدمة فى التسميد، ويعالج ذلك برى النباتات كل ٧-١٠ أيام بماء مذاب فيه نحو ٧,٥ جم من كبريتات الأمونيوم/لتر.

الصناديق الخشبية والمعدنية والبلاستيكية

تستخدم الصناديق (الطاولات أو الصوانى) فى إنتاج الشتلات، وتوجد منها صناديق خشبية ومعدنية وبلاستيكية. ويتراوح عرض الصندوق بين ١٥ و ٦٠ سم، وطوله بين ٤٥ و ٩٠ سم، وارتفاعه بين ١٠ و ١٥ سم، ولكن الشائع هو استعمال صناديق ذات أبعاد ٤٠ × ٦٠ سم، أو ٣٥ × ٥٠ سم، وبارتفاع ١٠ سم. ويجب توحيد أبعاد الصناديق؛ تسهيلاً لإجراء العمليات الزراعية.

وتتكون قاعدة الصناديق الخشبية من شرائح خشبية غير تامة الالتحام مع بعضها البعض؛ فتترك بينها مسافة نحو ٣ مم لضمان الصرف الجيد. أما الصناديق المعدنية والبلاستيكية، فإنها تكون مزودة بثقوب فى القاع.

وتستعمل مع الصناديق لوحة للتسطير row marker، وأخرى لعمل أماكن لغرس الشتلات عند التفريد spotting board.

هذا .. ولم يعد استخدام هذه النوعية من الأوعية شائعًا فى إنتاج الشتلات.

طاولات (صوانى) الإنتاج السريع للشتلات (سبيدلنج تربيز)

تصنع طاولات (صوانى) الإنتاج السريع للشتلات (سبيدلنج تربيز Speedling Trays (أو الشتّالات) من البلاستيك أو الاستيروفوم styrophoam، وتوجد بها عيون مخروطية الشكل تنتهى بقاعدة مسطحة، أو على شكل حرف V لنمو الجذور؛ حيث يمكن نزع الشتلة بجذورها كاملة، وهى محاطة ببيئة الزراعة فى صورة "صلية".. وتعد العيون المستدقة القاعدة هى الأفضل؛ لأن الشتلات تخرج منها — بسهولة — بصلية كاملة من الجذور. ويعتبر استخدام الشتّالات أفضل الوسائل لإنتاج شتلات الأصناف الهجين.

تتميز شتّالات الاستيروفوم بأن جذور الشتلات التى تنمو فيها تلتف — بكثافة — حول الجدار الداخلى للعين؛ الأمر الذى يسمح بأن تُخرَج شتلتُها بصلية كاملة من الجذور. ولا يتحقق ذلك فى الشتّالات البلاستيكية، حيث يتبقى بعيونها جزء كبير من خلطة الزراعة بعد إخراج الشتلات منها؛ الأمر الذى يجعل جذورها عارية جزئيًا. ولكن يعيب شتالات الاستيروفوم — فى المقابل — أنها تكون عرضة للتلف؛ حيث تفقد نسبة منها سنويًا (أشكال ٧-١، و ٧-٢، و ٧-٣، توجد فى آخر الكتاب).

عدد العيون

تحتوى كل شتّالة على عدد من العيون يختلف حسب مساحة الشتّالة، وحجم عيونها، والمسافة بينها. وكلما صغر حجم العيون ازداد عددها بالصينية، وكلما أمكن إنتاج الشتلات المطلوبة بعدد أقل من الشتّالات، وفى مساحة أصغر من المشتل. ولكن يقابل ذلك أن الشتلات المنتجة تكون أصغر حجمًا، وأضعف نموًّا (بسبب تكاثفها فى الشتّالة)، كما تزداد فرصة خروجها من العيون بدون صلية جذور كاملة (حيث تكون جذورها عارية جزئيًا)؛ بسبب ضعف النمو الجذرى للشتلة فى العيون الصغيرة.

ويتراوح عدد عيون الشتّالات — عادة — بين ٦٠ عينًا و ٤٠٠ عين بكل شتالة، ولكن يغلب فى محاصيل الخضر — وخاصة القرعيات والباذنجانيات — استعمال شتّالات بها ٨٠-١٦٠ عينًا. ومن أكثرها شيوعًا شتّالات تحتوى على ٨٤ عينًا.

ويستخدم فى إنتاج شتلات الخس والكرفس والكرنب شتّالات تحتوى على عدد أكبر بكثير من العيون، كما يتبين مما يلى:

الشتّالة	أبعادها (سم)	قطر عيونها (مم)	عمق عيونها (مم)	عدد عيونها	المحاصيل التى تناسبها
أ	٣٤ × ٤٤	١٥	—	٣٨٤	الخس والكرفس
ب	٣٠ × ٥٠	٢٠	—	٢٧٣	الكرنب والقنبيط
جـ	٣٢ × ٥٢	٣٣	٤٠	٨٤	القرعيات

وعمومًا .. فإن الشتّالات — وخاصة البلاستيكية منها — تختلف كثيرًا فى حجم عيونها وأبعادها، وكذلك فى عدد العيون بكل صينية وأشكالها.

تأثير حجم العيون

يقل حجم العيون — عادة — بزيادة أعدادها فى الشتّالة، كما أسلفنا؛ ولكن هذا ليس شرطًا؛ فقد تحتوى الشتّالة على عدد قليل من العيون الكبيرة الحجم. ولحجم العيون تأثير كبير على نوعية الشتلات المنتجة فيها.

فمثلاً .. أوضحت دراسات Weston & Zandstra (١٩٨٦) أن العيون الكبيرة — التى يبلغ حجمها ٣٩,٥ سم^{3} — أعطت شتلات طماطم أكبر حجمًا، وكان المحصول المبكر لتلك الشتلات أعلى من تلك التى أنتجت فى عيون أصغر حجمًا (٤,٤–٣٠,٧ سم^{3}/عين).

وقد كات تلك الشتّالة (التى يبلغ حجم عيونها ٣٩,٥ سم^{3}) مناسبة — كذلك — لإنتاج شتلات الفلفل صنف يولوواندر، حيث كانت الشتلات المنتجة فيها أطول، وأكثر أوراقًا، وذات وزنًا جافًا أكبر من الشتلات التى أنتجت فى عيون أصغر حجمًا، كما أن هذه الشتّالات أعطت — عند زراعتها محصولاً أكثر تبكيرًا (عن Weston ١٩٨٨).

تظهر خصائص الشتّالات التى استعملت فى تلك الدراسة فى جدول (٧–١)، الذى يمكن الاسترشاد به — كذلك — فى اختيار الشتّالات المناسبة للزراعة.

جدول (٧-١): أبعاد عيون الشتّالات من بعض المقاسات المستخدمة تجاريًا فى إنتــاج الشــتلات (عن Weston & Zandstra ١٩٨٦).

مقاس الشتّالة[أ]	طول ضلع العين (سم)	مساحة فتحة العين (سم٢)	عمق العين (سم)	حجم العين (سم٣)
٨٠	٢,٠٣	٤,١	٣,٢	٤,٤
٨٠[ب]	٢,٠٣	٤,١	٤,١	٥,٦
١٠٠[ب]	٢,٥٤	٧,٨	٧,٢	١٨,٨
١٢٥	٣,١٨	١٠,١	٤,٦	١٥,٤
١٥٠	٣,٨١	١٤,٥	٦,٤	٣٠,٧
١٧٥	٤,٤٥	١٨,٧	٦,٤	٣٩.٥

(أ) عيون هذه الشّتلات مربعة الفوهة وعلى شكل هرم مقلوب. يدل مقاس الشّتلة على طول ضلعها معبرًا عنه كنسبة مئوية من البوصة؛ فمثلاً .. الشتّالة التي يبلغ طول ضلع عيونها ٢,٥٤سم (بوصة واحدة) تكون مقاس ١٠٠ لأن طول ضلع عيونها بوصة كاملة .. وهكذا.

وقد حصل Kemble وآخرون (١٩٩٤أ) على نتائج مماثلة، حيث كانت شتلات الطماطم التى فى عمر خمسة أسابيع، والمنتجة فى شتّالات ذات عيون سعة ٣٧,١ سم٣ أو ٨٠ سم٣ أسرع إزهارًا، وأنتجت — عند زراعتها — محصولاً مبكرًا أعلى من تلك التى كانت فى عمر أربعة أسابيع وأُنتجت فى شتّالات ذات عيون أصغر حجمًا (من ٨,٦-٣٧,١ سم٣).

وفى دراسة أخرى قارن فيها Kemble وآخرون (١٩٩٤ب) نمو شتلات الطماطم من صنفين أحدهما ذو نمو مندمج compact، والآخر ذو نمو عادى فى شتّالات ذات عيون بأحجام ٣,٣، و ٢٧، و ٣٧,١، و ٨٠ سم٣، وجدوا أن الوزن الجاف للبادرات لم يختلف كثيرًا بين السلالتين خلال الخمسة أسابيع التالية للزراعة، بالرغم من أن طول السلالة ذات النمو المندمج بلغ ٦٠٪ من طول السلالة ذات النمو الطبيعى.

هذا .. إلا أن عدد الأيام من زراعة الشتلات — التى كانت بعمر خمسة أسابيع — إلى الإزهار قل بزيادة حجم العيون؛ حيث تراوح من حوالى ١٩ يومًا عندما أنتجت

الشتلات فى عيون بحجم ٨٠ سم^3، إلى ٣٣ يومًا عندما كان إنتاجها فى عيون بحجم ٣,٣ سم^3. وقد أوصى الباحثون بإمكان استعمال شتّالات ذات عيون بحجم ٢٧ سم^3، أو ٣٧ سم^3 دون أن يتأخر الإزهار كثيرًا.

كما كان الوزن الجاف لشتلات البطيخ المنتجة فى العيون الكبيرة (٣٩,٥ سم^3) ثلاثة أمثال وزن الشتلات المنتجة فى العيون الصغيرة (١٨,٨ سم^3). وبالمقارنة .. أعطت الشتلات الأولى — المنتجة فى العيون الكبيرة — نموًا نباتيًا أقوى، ومحصولاً أعلى من صنف البطيخ تشارلستون جراى. كما كان محصول النباتات المزروعة بالشتلات أعلى مما فى حالة الزراعة بالبذور مباشرة فى الحقل الدائم (Hall ١٩٨٩).

وأدت زيادة حجم عيون صوانى إنتاج شتلات البطيخ (صنف جوبولى Jubilee) إلى زيادة عدد الثمار المبكرة ومتوسط وزن الثمرة، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى كل من المحصول المبكر والكلى (Graham وآخرون ٢٠٠٠).

ولقد وجد أن شتلات الطماطم بعمر ٤٠ يوم (مقارنة بعمر ٢٠ أو ٣٠ يوم) عندما أنتجت فى صوانى إنتاج شتلات ذات عيون بحجم ٣٢,٨ سم^3 (مقارنة بحجم ١٦,٨ أو ٢٥,٣ سم^3) أعطت أعلى محصول صالح للتسويق (Jang وآخرون ١٩٩٦).

كما أدت زيادة حجم عيون شتلة الفلفل من ٢٣ إلى ٥٧ سم^3 إلى زيادة حجم الشتلة ووزنها ونموها الجذرى؛ مما أدى إلى زيادة المحصول المبكر والكلى، بينما أدى ضغط مخلوط الزراعة ليزيد وزن وحدة الحجم منه بمقدار ٢٥٪ أو ٥٠٪ إلى زيادة النمو الخضرى للشتلة، إلاّ أنه لم يؤثر على محصولها المبكر (De Grazia وآخرون ٢٠٠٢).

وعمومًا .. يوجد توازن دقيق بين كل من النمو الخضرى الذى يمد النمو الجذرى بحاجته من الغذاء المجهز، والنمو الجذرى الذى يمد النمو الخضرى بحاجته من الماء والعناصر الغذائية. ولذا .. فإن الحد من النمو الجذرى للشتلات بإنتاجها فى صوانى شتلات ذات عيون صغيرة الحجم يؤثر سلبًا على سرعة النمو النباتى والمحصول المبكر والكلى بعد الشتل. وقد تناول NeSmith & Duval (١٩٩٨) هذا الموضوع بالشرح المفصل.

إن استخدام صوانى إنتاج شتلات بعيون كبيرة الحجم (وطبيعى أن تكون بعدد أقل من العيون) يعنى زيادة مؤكدة فى نمو الشتلات وفى سرعة نمو النباتات بعد الشتل والمحصول المبكر والمحصول الكلى، وقد لا تبرر تلك الزيادات الزيادة المتوقعة فى إنتاج الشتلات فى المحاصيل كثيفة الزراعة مثل الفلفل، ولكنها بالتأكيد تكون اقتصادية ومبررة فى محاصيل مثل الطماطم والبطيخ (Vavrina ٢٠٠٨).

تأثير شكل العيون وملمسها

يكون معظم النمو الجذرى للشتلات النامية فى الشتّالات محصورًا عند المحيط الداخلى للعيون وملاصقًا لجدرانها، كما يتأثر النموالخضرى للشتلات بشكل تلك العيون وتتأثر جذورها بملمس السطوح الداخلية للعيون.

فقد وجد Liptay & Edwards (١٩٩٤) أن طول شتلات الطماطم ازداد بتغيير شكل العيون — تدريجيًا — من مربعة (١,٣٦ × ١,٣٦ سم) إلى مثلثة طويلة (١,٧٤ × ١,٠٦ سم)، كما كانت الشتلات أقصر كلما ازدادت العيون ضيقًا؛ حيث أنتجت أقصر الشتلات فى عيون تبلغ أبعادها ٠,٣٦ سم × ٥,١٤ سم. علمًا بأن حجم العيون كان ثابتًا.

وبرغم أن النمو الجذرى لم يتأثر بشكل العيون، إلا أنه تأثر بملمس جدرها الداخلية؛ حيث كان النمو الجذرى قليلاً والجذور المتكونة قصيرة وسميكة عندما كانت الجدر الداخلية للعيون خشنة الملمس، ولكن ذلك لم يؤثر على النمو الخضرى للشتلات.

ولقد قورن تأثير العيون الدائرية والمخمسة pentagonal والمربعة والمثلثة بصوانى إنتاج الشتلات — بنفس الحجم — على شتلات بعض محاصيل الخضر، ووجد ما يلى:

١- حفزت العيون الدائرية نمو جذور الخس والخيار دائريًا حول المحيط الداخلى للعين، بينما أعاقت العيون المثلثة هذا النمو، وكانت العيون المخمسة والرباعية وسطًا بينهما. كذلك حفزت العيون الدائرية التفاف جذور الطماطم.

٢- كانت العيون المربعة والمخمسة أكثر مناسبة لنمو شتلات الخس والخيار عن

العيون الدائرية أو المثلثة. أما الطماطم فإن نموها كان أضعف فى العيون المثلثة عما فى الأشكال الأخرى (Chen وآخرون ٢٠٠٢).

الأوعية النباتية التى لا يعاد استخدامها

تستخدم هذه الأوعية مرة واحدة، حيث توضع فى الأرض مع الشتلة، وتتحلل أنسجتها فى التربة.

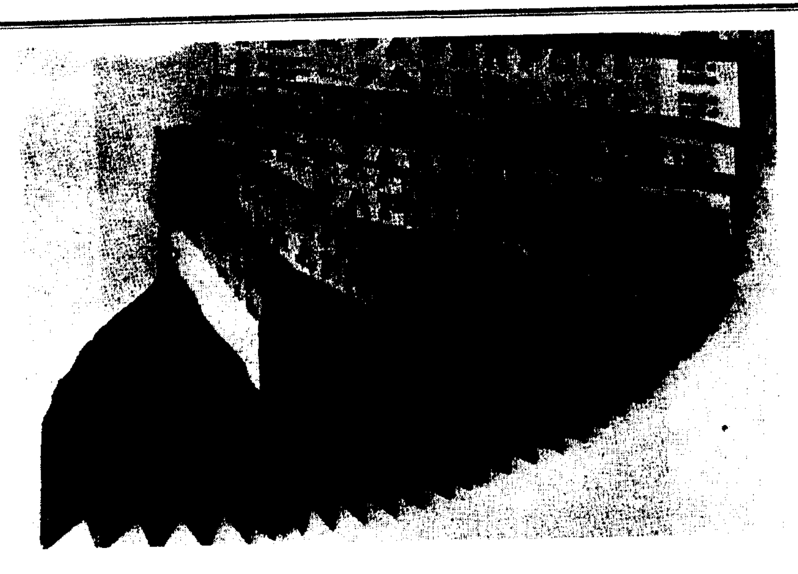
الأصص

تصنع الأصص التى لا يعاد استخدامها من البيت، وتسمى peat pots، أو أصص جيفى jiffy pots، وتوجد بأحجام مختلفة. تُملأ هذه الأصص ببيئات الزراعة، وتربى فيها النباتات لحين وصولها إلى الحجم الصالح للشتل، ثم يزرع النبات بالأصيص فى الحقل؛ حيث تتحلل جدر الأصيص وتنفذ الجذور من خلاله إلى التربة. ولذلك أهمية كبيرة فى احتفاظ النباتات بجذورها كاملة.

وتتوفر هذه الأصص إما منفردة (شكل ٧-٤، يوجد فى آخر الكتاب)، وإما فى مجموعات متصلة (شكل ٧-٥، يوجد فى آخر الكتاب) يسهل فصلها عن بعضها البعض عند الشتل. وهى تتوفر فى عدة أحجام.

وقد تتعرض النباتات النامية بمثل هذه الأوعية لنقص النيتروجين؛ بسبب تحلل جدر الأوعية بفعل الكائنات الدقيقة، وحاجة هذه الكائنات إلى النيتروجين الذى تحصل عليه من البيئة التى تنمو فيها جذور النباتات. وتعالج هذه المشكلة بإضافة كبريتات الأمونيوم إلى ماء الرى بمعدل ٧,٥ جم/لتر ماء كل ٧-١٠ أيام.

كما قد تصنع الأصص التى لا يعاد استخدامها من الورق، وتتوفر إما فى صورة مكعبات، وتسمى "paper blocks "، وإما متصلة بعضها ببعض على شكل عش النحل، وهى التى تعرف باسم "paper pots " (شكل ٧-٦)..



شكل (٧-٦): الأصص الورقية من نوع عش النحل قبل وبعد فردها جزئيًا على سطح التربة؛ استعدادًا لزراعتها.

تعبأ الأوعية الورقية، وتعرض للبيع، وتنقل وهى مضغوطة. وعند الاستعمال تفرد على سطح أرض المشتل؛ حيث تظهر أماكن زراعة النباتات على شكل مربعات، أو على شكل عش النحل. هذه الأوعية مفتوحة من الجانبين (من أعلى ومن أسفل)، وتباع بأحجام مختلفة حسب المحصول المراد زراعته بها. وتضم كل وحدة عددًا من الأوعية يتراوح بين ٢٠ و ٢٥٠ حسب حجم الوعاء.

وبرغم أن هذه الأوعية تكون ملتصقة بعضها ببعض عند استخدامها فى الزراعة، إلاّ أن عملية الرى تجعل من السهل فصلها بعضها عن بعض عند إعدادها للزراعة فى الحقل الدائم، حيث يزرع النبات بوعائه. ويعنى ذلك أن كل وعاء له جدره الخاصة به؛ بحيث يمكن فصله عن الأوعية المجاورة عند الشتل، وهذا هو النظام المتبع فى أوعية عش النحل. إلاّ أنه فى غالبية المكعبات الورقية لا يكون لكل وعاء جدره الخاصة به؛ الأمر الذى يستلزم إخراج الشتلة بصلية الجذور من الوعاء عند الزراعة.

أقراص جيفى

تصنع أقراص جيفى Jiffy pellets من البيت موس المضغوط (شكل ٧-٧، يوجد فى آخر الكتاب)، والقابل للتمدد بسهولة فى وجود الرطوبة. توضع مادة البيت موس داخل شبكة رقيقة مرنة، ويضاف لها الكلس والعناصر السمادية. عند ترطيب هذه الأقراص بالماء، فإنها تتمدد، وتعود لحجمها الأصلى قبل الضغط. وتتوفر بأحجام مختلفة، مثل: جيفى ٧، و جيفى ٩، وأكثرها استعمالاً جيفى ٧.

يحتوى كل ١٠٠ جم من أقراص جيفى ٧ على كميات العناصر التالية:

العنصر	الكمية
البوتاسيوم	٢٠٠-٢٥٠ مجم
الكالسيوم	١,٠-١,٢ جم
الفوسفور	٨٠-١٠٠ مجم
المغنسيوم	٨٠-١٠٠ مجم
النيتروجين	٠,٨-١,٠ جم

ويحوى القرص من العناصر الغذائية ما يكفى لمد النبات النامى به بحاجته لمدة ثلاثة أسابيع. وينصح بعد ذلك بإضافة سماد مناسب فى صورة ذائبة فى الماء.

يعطى استعمال أقراص جيفى نموًا مبكرًا وسريعًا، كما يُسهل إجراء عملية الشتل.

وللحصول على أحسن النتائج يراعى ما يلى:

١- يجب وضع الأقراص فوق مكان نظيف، ويُفضل أن يكون شريحة بلاستيكية. والعادة هى أن ترص أقراص جيفى بعضها بجانب بعض عند الاستعمال، ولكن يمكن وضعها متباعدة حسب حجم النباتات المتوقع عند النمو.

٢- الرى المنتظم ضرورى، ويجب ألا يسمح بجفاف الأقراص مطلقًا.

٣- عند الشتل يوضع القرص كاملاً فى التربة، ولا تُزال الشبكة الخارجية؛ حيث تخترقها الجذور بسهولة. وتروى الأقراص جيدًا قبل نقلها إلى الحقل. ويجب التأكد من إحاطة التربة جيدًا بالقرص من جميع الجوانب، وتغطيتها له عقب الشتل.

هذا .. وأقراص جيفى ٩ لها نفس قطر أقراص جيفى ٧، إلا أنها تكون أطول عندما تتمدد بفعل الرطوبة.

يبلغ قطر قرص جيفى ٧ حوالى ٤,٤ مم، وسمكه حوالى ٠,٦ مم. وهو مكون من البيت موس المخصب ببعض الأسمدة، والمضغوط إلى ١/٧ حجمه الأصلى. وبينما يغلف قرص جيفى ٧ بشبكة بلاستيكية رقيقة جدًّا، فإن قرص جيفى ٩ يبقى دون تغليف.

وبعد إضافة الماء إلى هذه الأقراص — بأية طريقة من طرق الرى — فإنها تزداد فى الحجم إلى أن يبلغ سمكها (ارتفاعها) حوالى خمسة سنتيمترات، أما قطرها فيظل ثابتًا، أو يزداد قليلاً، وتكون حينئذٍ فى حالة مناسبة للزراعة.

تتوفر أقراص جيفى فى عدة نوعيات تتباين فى رقم الـ pH (من ٥,٥ إلى ٦,٣). وفى محتواها من مختلف العناصر المغذية. ومنها ما يحتوى على انخفاض مناسب لزراعة البذور فيه. ويمكن أن يصل عمق هذا الانخفاض — بعد تمدد القرص — إلى أكثر من سنتيمترين.

من أهم مزايا أقراص جيفى أنها متجانسة وثابتة فى محتواها من العناصر المغذية، وفى رقم الـ pH، وفى قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. وهى تناسب إنتاج كل أنواع الشتلات.

ولكن يعيبها سهولة انقلابها من مكانها، كما أن جيفى ٩ — غير المحاطة بشبكة بلاستيكية — قد تتعرض لبعض التفكك إذا عوملت بخشونة عند تداولها بعد تشربها للماء (عن Ball ١٩٨٥).

"السدادات" التكنولوجية

يستعمل فى إنتاج الشتلات ذات النمو الخضرى الصغير — مثل الخس — صوان بلاستيكية ذات عيون كثيرة العدد وصغيرة الحجم، وهو ما جرى العرف على تسميته باسم "تقنية مزارع السدادات Techniculture Plugs"، تملأ هذه العيون بالبيت ومادة لاصقة، وتكون عند سحبها من الصينية على شكل سدادة بحجم ٤ سم^{3}، وهى لا تحتوى على أية

عناصر غذائية، ولذا .. فإن الشتلات التى تنتج فيها تكون فى حاجة إلى التسميد كل ٢–٥ أيام.

ومن أهم مميزات هذه المزارع ما يلى:

١– إمكان إجراء الشتل فى خلال ١٠–٢٠ يومًا من زراعة البذور فيها.

٢– إنتاج الشتلات بكثافة عالية.

٣– سهولة إجراء عملية الشتل الآلى عند إنتاج الشتلات فيها.

٤– لا تتعدى نسبة الفشل فى الشتل ١٪ (عن Wurr & Fellows ١٩٨٦).

بيئات الزراعة

يطلق على البيئات المستخدمة فى الزراعة Growing media — عادة — اسم "بيئات نمو الجذور" Root media، أو "مخاليط التربة" Soil mixes؛ لأن التربة كانت تدخل كمكون رئيسى فى عمل هذه البيئات، إلا أن الاتجاه الغالب حاليًّا هو عدم استخدام التربة والأسمدة العضوية فى بيئات الزراعة؛ لأن نقل التربة إلى الأصص وأوعية نمو النباتات يفقدها أهم خصائصها، ألا وهى التهوية الجيدة، وتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور؛ نظرًا لأنها سريعًا ما تفقد خاصية التحبب granulation، وتصبح مسامها ممتلئة بالماء أغلب الوقت.

أما بقايا الأوراق والسماد الحيوانى وغيرهما من المواد العضوية المستخدمة فى عمل المكمورة، فإنها لا تستعمل فى عمل مخاليط الزراعة؛ لأنها لا تظل ثابتة عند معاملتها بالبخار، أو عند تبخيرها بالمواد المستخدمة فى التعقيم، كما أنها تنكمش فى الحجم بنحو ٣٣٪ تقريبًا مع الاستعمال.

ويفضل استخدام مواد أخرى فى عمل مخاليط الزراعة؛ مثل: الرمل، والبيت موس، والفيرميكيوليت، وقشور الأرز، ونشارة الخشب، وقلف الأشجار وغيرها حسب مدى توفر كل منها.

وترجع أهمية بيئة نمو الجذور إلى أنها:

١- تعمل كمخزن للعناصر الغذائية.

٢- تحتفظ بماء الرى لاستعمال النبات.

٣- توفر الأكسجين بالقدر المناسب لاستخدام الجذور.

٤- توفر الوسط الملائم لتثبيت الجذور والنبات.

الخصائص الطبيعية والكيميائية الهامة لبيئات نمو الجذور

إن من أهم الخصائص الطبيعية والكيميائية التى يجب الاهتمام بها فى بيئات نمو الجذور ما يلى:

١- ثبات المادة العضوية

فيجب أن يكون تحلل المادة العضوية فى أضيق الحدود؛ حتى لا يقل حجمها كثيرًا؛ خاصة أن أوعية نمو النباتات تكون — عادة — صغيرة الحجم. ومن أكثر مكونات مخاليط الزراعة تحللاً: القش، ونشارة الخشب. ولا يُنصح باستعمال أى منها.

٢- نسبة الكربون إلى النيتروجين

إذا زادت نسبة الكربون (المواد الكربوهيدراتية) إلى النيتروجين على ٣٠ : ١، فإن النيتروجين الموجود بالبيئة — أو المضاف إليها فى صورة أسمدة — تستخدمه الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل المادة العضوية؛ ويؤدى ذلك إلى نقص الآزوت؛ وهو الأمر الذى يجب تعويضه بزيادة مستوى التسميد الآزوتى.

وتجدر الإشارة إلى أن نسبة الكربون إلى النيتروجين فى نشارة الخشب تبلغ ١٠٠٠ : ١، وتلزم إضافة ١٢ كيلو جرام من الآزوت لكل طن من نشارة الخشب لتسهيل عملية التحلل.

وبالمقارنة .. فإن هذه النسبة تبلغ ٣٠٠ : ١ فى قلف الأشجار، ويلزم ٣,٥ كيلو جرام نيتروجينًا لكل طن من قلف الأشجار حتى يتحلل جيدًا. وبينما يتحلل قلف

الأشجار على مدى ثلاث سنوات، فإن نشارة الخشب تتحلل فى خلال أشهر قليلة؛ وعليه .. نجد أن قلف الأشجار لا يُحْدث نقصًا حادًا فى النيتروجين بالبيئة، برغم ارتفاع نسبة الكربون فيه. ويعتبر قلف الأشجار أحد المكونات المرغوبة فى بيئات نمو الجذور.

٣- الكثافة الظاهرية

ترجع أهمية الكثافة الظاهرية إلى أنه من الضرورى أن تكون بيئة نمو الجذور ثقيلة بالدرجة الكافية لمنع انقلاب أوعية نمو النباتات، خاصة عندما تكبر النباتات فى الحجم. فنجد — مثلاً — أن بيئة مكونة من الفيرميكيوليت والبرليت تكون خفيفة جدًا عند جفافها؛ الأمر الذى يجعل انقلاب النباتات الكبيرة فى الأصص أمرًا واردًا. ومن ناحية أخرى .. نجد أن بيئات نمو الجذور الثقيلة جدًا تجعل تداولها أمرًا صعبًا وغير اقتصادى.

٤- القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة والتهوية

يجب أن يتوفر فى البيئات المثالية قدر من التوازن بين التهوية والمقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة؛ فيجب أن يكون ١٠٪-٢٠٪ من حجم البيئة مملوءًا بالهواء، ومن ٣٥٪-٥٠٪ مملوءًا بالماء عقب الرى. ويتحقق ذلك الإختيار الدقيق لمكونات البيئة بإضافة مواد مثل: البيت موس، والفيرميكيوليت.

٥- السعة التبادلية الكاتيونية

يجب أن تتراوح السعة التبادلية الكاتيونية فى بيئة نمو الجذور بين ١٠ و ٣٠ مللى مكافئ/١٠٠ جم من المخلوط، والقيم الأعلى من ذلك ليست شائعة، ولكنها مفضلة، بينما تتطلب القيم الأقل من ذلك تكرار إضافة الأسمدة كثيرًا.

هذا .. وتزيد السعة التبادلية الكاتيونية فى الطين، والبيت موس، والفيرميكيوليت، والمواد العضوية المتحللة عمومًا، بينما تنخفض إلى درجة لا يعتد بها فى الرمل، والبرليت، والبوليسترين، والمواد العضوية غير المتحللة، مثل: قشور الأرز، وقشور الفول السودانى.

٦-الرقم الأيدروجينى (pH)

يتراوح أفضل pH لمعظم المحاصيل بين ٦,٢، و ٦,٨. وبعض المكونات تكون حامضية، مثل: البيت موس، وقلف الأشجار، والكثير من المواد العضوية المتحللة، بينما نجد أن الرمل ذو pH = ٧، ويجب تعديل المخلوط إلى المدى المناسب بعد تحضيره.

٧- محتوى البيئة من العناصر الغذائية

كثيرًا ما تضاف الأسمدة إلى بيئات نمو النباتات، ويعد ذلك أمرًا مرغوبًا فيه عند استخدامها فى إنتاج الشتلات؛ نظرًا لأن النباتات تعتمد عليها فى مدها بحاجتها من الغذاء لمدة ٣-٤ أسابيع.

ويفضل عدم إضافة الأسمدة إلا إذا أعدت البيئات قبل استخدامها فى الزراعة مباشرة؛ حتى لا يؤدى تركها فى جو رطب إلى زيادة تيسر العناصر بدرجة السمية، وتستثنى ذلك الأسمدة الفوسفاتية التى يكون من الأفضل إضافتها إلى البيئة عند تحضيرها لأن الفوسفور لا يزيد تركيزه عند تخزين مخاليط الزراعة.

كما تلزم أيضًا إضافة العناصر الدقيقة إلى البيئات التى لا تكون فيها التربة إحدى مكوناتها الرئيسية (Nelson ١٩٨٥).

ويوضح جدول (٧-٢) المستوى المناسب من العناصر الغذائية الرئيسية فى مخاليط الزراعة (عن Mastalerz ١٩٧٧).

ويمكن إيجاز الشروط التى يجب توافرها فى مخلوط التربة الجيد فى أن يكون:

١- تام التجانس، ويسهل خلط مكوناته.

٢- ثابتًا لا يتغير كيميائيًا عند تعقيمه بالبخار أو بالمطهرات الكيميائية.

٣- جيد التهوية.

٤- ذا مقدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة.

٥- قادرًا على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية؛ فلا تفقد منه بالرشح.

٦- متوسط الخصوبة، وذا pH مناسب.

٧- غير مكلف.

٨- خفيف الوزن.

٩- عديم الانكماش عند الاستعمال (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

جدول (٧-٢) المستوى المناسب من العناصر الغذائية فى مخاليط الزراعة.

العنصر	الصورة	المستوى المناسب
النيتروجين	NO_3	٥٠-٢٥٠ جزءًا فى المليون
الفوسفور	P	١٢٥-٤٥٠ جزءًا فى المليون
البوتاسيوم	K	٠,٧٥-١,٥ مللى مكافئ/١٠٠ جرام ٣-٧,٥٪ من السعة التبادلية الكاتيونية
الكالسيوم	Ca	٨-١٣ مللى مكافئ/ ١٠٠ جم ٥٢-٨٥٪ من السعة التبادلية الكاتيونية
المغنسيوم	Mg	١,٢-٣,٥ مللى مكافئ/ ١٠٠ جم ٧,٥-٢١٪ من السعة التبادلية الكاتيونية

المواد المستخدمة فى تحضير بيئات الزراعة

يدخل عديد من المكونات فى تحضير المخاليط المختلفة من بيئات الزراعة، وأهمها ما يلى:

التربة

أنسب الأراضى لعمل مخاليط الزراعة هى الطميية ذات التكوين الجيد، الغنية بالدبال humus. ويجب إعداد الأراضى التى تستخدم فى تحضير مخاليط التربة — إعدادًا سابقًا — وذلك بزراعتها لمدة ١-٣ سنوات بالبرسيم، أو البرسيم الحجازى. فمثل هذه المحاصيل تخلف سنويًا نموًا جذريًا هائلاً يتحلل فى التربة إلى دبال، ويعمل على تحسين خواص التربة. ويجب حش هذه المحاصيل مرتين سنويًا، وتركها على سطح التربة، ثم تحرث فى التربة قبل إعداد الخلطة بنحو ٤ أشهر.

تجمع التربة المخلوطة بالبرسيم فى أكوام حتى يتحلل البرسيم، ويزيد من نسبة الدبال بالتربة، ويُحَسِّن من خصائصها ببناء تجمعات التربة Soil aggregates؛ لأن من أكبر مساوئ استخدام التربة فى أوعية نمو النباتات سرعة فقدها للبناء الجيد، وتهدّم التجمعات، الأمر الذى يؤدى إلى رداءة التهوية بدرجة تضر بالنباتات.

الرمل

يستعمل رمل البناء الخشن فى بيئات الزراعة لتحسين الصرف والتهوية، ولزيادة كثافة المخاليط.

السماد العضوى الحيوانى

يتميز السماد العضوى بارتفاع سعته التبادلية الكاتيونية، فيعمل كمخزن للعناصر الغذائية، كما أنه يعتبر مصدرًا جيدًا للعناصر. ونادرًا ما تظهر أعراض نقص العناصر الصغرى عند استخدام السماد العضوى فى بيئة نمو الجذور. كما يحْتوى السماد العضوى على كميات قليلة من الآزوت، والفوسفور، والبوتاسيوم (جدول ٧-٣)، لكن نظرًا لاستعماله بكميات كبيرة، فإنه يوفر كميات جوهرية من هذه العناصر. وبالإضافة إلى ذلك .. فإن السماد العضوى ذو مقدرة كبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة؛ وهو الأمر الضرورى فى أية خلطة تستخدم لزراعة النباتات. وربما كان البيت موس هو أقرب المواد للسماد العضوى من حيث خصائصه ومميزاته.

جدول (٧-٣) نسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى الأسمدة الحيوانية

نوع السماد الحيوانى	نسبة العنصر على أساس الوزن الجاف		
	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
الماشية	٠,٥	٠,٣	٠,٥
الدواجن	١,٠	٠,٥	٠,٨
الخيل	٠,٦	٠,٣	٠,٦
الأغنام	٠,٩	٠,٥	٠,٨

وأفضل أنواع الأسمدة الحيوانية للاستعمال فى بيئات زراعة النباتات هو سماد الماشية المتحلل. أما أنواع الأسمدة الأخرى، فتكون قوية، ولا يجب استعمالها إلا بحرص وبكميات صغيرة. فغالبًا ما تكون نسبة الأمونيا مرتفعة بها، خاصة فى مخلفات الدواجن؛ الأمر الذى يحدث أضرارًا للجذور والنموات الخضرية. ولكن يوصى Flynn وآخرون (١٩٩٥) باستعمال زرق الدواجن المتحلل (وليس الطازج) فى مخاليط الزراعة.

يستخدم سماد الماشية فى البيئة بنسبة ١٠٪-١٥٪. ويلى إضافته تعقيم الخلطة إما بالبخار، وإما بالكيماويات، ويعد ذلك أمرًا ضروريًا للتخلص من الكائنات المسببة للأمراض، والحشرات، والنيماتودا، وبذور الحشائش التى توجد بكثرة فى الأسمدة الحيوانية.

ويجب أن يكون الرى دائمًا غزيرًا عند استعمال السماد الحيوانى فى خلطة الزراعة؛ لضمان غسيل الآزوت النشادرى الذى قد يتحرر بكميات كبيرة من السماد. وحتى إذا لم تستخدم الخلطة فى الزراعة فى الحال، فإنه يجب غسله جيدًا بالماء كل فترة لنفس الغرض.

المخلفات النباتية غير المتحللة

تضاف أحيانًا بعض المخلفات النباتية غير المتحللة إلى بيئات الزراعة، وذلك بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة، حتى تختلط جيدًا بباقى المكونات. ويستخدم فى هذا المجال: القش، ومصاصة القصب، وقشور الأرز، وقشور الفول السودانى. ويعيبها جميعًا ارتفاع نسبة الكربون إلى النيتروجين؛ الأمر الذى يؤدى إلى نقص فى الآزوت ببيئة الزراعة. وقد تغلب Bill وآخرون (١٩٩٥) على هذه المشكلة؛ وذلك بنقع مجروش قلب ساق نبات الكتان (أجزاء بقطر ٢-٤ مم) فى محلول نترات أمونيوم بتركيز ٥٠٠٠ جزءًا فى المليون من النيتروجين، واستعماله كبديل للفيرميكيوليت حتى ٣٠٪ بالحجم فى مخاليط للزراعة مع البيت موس. وكانت شتلات الطماطم المنتجة فى هذه المخاليط أفضل من نظيرتها المنتجة فى البيئات العادية.

المخلفات النباتية المتحللة (المكمورة)

يوجد عديد من المخلفات النباتية التى تدخل فى عمل المكمورة؛ منها: نشارة الخشب،

وقلف الأشجار، وقشور الأرز، وقشور الفول السودانى، والحشائش البحرية. وتعد هذه المواد ذات سعة تبادلية كاتيونية منخفضة جدًا قبل أن تتحلل، لكن سعتها التبادلية الكاتيونية تزداد كثيرًا، وكذلك مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة بعد أن تتحلل، كما يؤدى التحلل إلى التخلص من عديد من المركبات الضارة التى توجد بها.

ولمزيد من التفاصيل عن المكمورة وطريقة عملها يراجع موضوع التسميد.

القمامة المتحللة

لم تظهر لاستخدام القمامة المتحللة فى مخاليط الزراعة أية نتائج إيجابية.

قلف الأشجار

تبلغ نسبة الكربون إلى النيتروجين حوالى ٣٠٠:١ فى قلف الأشجار Bark، كما أن تحلله فى البداية يكون سريعًا؛ لذلك فإن نقص الآزوت قد يكون مشكلة فى المراحل الأولى من النمو النباتى عند استخدام قلف الأشجار فى تحضير بيئات الزراعة؛ نظرًا لأن الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليله تستهلك كل ما يوجد بالبيئة من نيتروجين.

ويحتوى قلف بعض الأشجار على كميات وأنواع مختلفة من المركبات الفينولية التى تضر بالنباتات، ولكن هذه المركبات تتحطم أثناء تحلل القلف. وتلزم لإتمام ذلك فترة لا تقل عن شهر.

ومن المزايا الأخرى لتحلل القلف — ونشارة الخشب أيضًا — زيادة السعة التبادلية الكاتيونية كثيرًا، فتزداد من نحو ٨ مللى مكافئ إلى ٦٠ مللى مكافئ لكل ١٠٠ جرام؛ الأمر الذى يزيد من مقدرة اللحاء على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية.

ويجرى التحلل بخلط القلف بالنيتروجين بمعدل ٥,٥ كجم من النيتروجين لكل متر مكعب من اللحاء وتكويم المخلوط فى الحقل. وتستخدم نترات الأمونيوم كمصدر جيد للآزوت.

ويتم التحلل الأولى السريع المطلوب فى مدة ٤-٦ أسابيع، ويلزم قلب الكومة بعد فترة تتراوح بين أسبوع وأسبوعين من بداية التحلل؛ وذلك للمساعدة على تجانس التحلل.

وتجدر الإشارة إلى أن الحرارة الناتجة من التحلل تكفى لبسترة القلف، والتخلص من الكائنات المرضية الضارة (Nelson ١٩٨٥).

نشارة الخشب

يجب أن تكون نشارة الخشب متحللة جزئيًا؛ نظرًا لأن تحللها الأولى يكون سريعًا جدًا، ويتطلب كميات كبيرة من الآزوت؛ لأن نسبة الكربون إلى النيتروجين فى نشارة الخشب تبلغ ١٠٠٠:١؛ فيجب أن تتم خطوة التحلل السريع الأولى قبل استخدام النشارة فى تحضير بيئة نمو النباتات، كما أن التحلل الأولى يساعد على التخلص من المركبات السامة التى قد توجد بالنشارة، مثل التانينات.

ونشارة الخشب المتحللة جزئيًا لمدة شهر، والمضاف إليها الآزوت تكون حامضية، وتتطلب خلطها بالحجر الجيرى لمعادلتها. ومع استمرار تحلل النشارة أثناء الاستعمال — كبيئة لنمو النباتات — يحدث انخفاض تدريجى فى pH المخلوط، الأمر الذى يتطلب إضافات جديد من الحجر الجيرى.

البيت موس وأنواع البيت الأخرى

تعريف البيت ومصادره الطبيعية وطريقة تكوينه

يعرف البيت موس، أو الخُث أو (التورب) بأنه نسيج نباتى نصف متفحم يتكون بتحلل النباتات تحللاً جزئيًا فى الماء؛ فهو عبارة عن بقايا نباتات بدائية خاصة تراكمت على شكل طبقات سميكة فى أراض باردة مغمورة بالمياه وسيئة التهوية. ونظرًا لقلة أعداد وأنواع الكائنات الحية التى يمكنها البقاء فى هذه الظروف، فإن تفكك وتحلل المواد العضوية إلى دبال يكون بطيئًا للغاية.

وتختلف درجة تحلل البقايا النباتية — ويختلف معها محتواها الدبالى — تبعًا للعمق الذى توجد فيه. ولذا .. فإن نسبة الدبال تتراوح فيها بين ٥٪–٢٠٪ فى الطبقات السطحية و ٦٠٪–٨٠٪ فى الطبقات العميقة. وتعتبر الطبقات السطحية أكثرها صلاحية للاستخدام الزراعى.

توجد معظم الأراضى التى تحتوى على البيت شمال خط عرض ٤٥ ْم شمالاً. ويتكون البيت تحت ظروف المستنقعات الباردة بنمو نباتات خاصة تنتمى للـ Bryophyta. وبصفة أساسية *Sphagnum fuscum*، و *S. acutifolium*، وبصفة ثانوية *Eriophorum vaginatum*.

تنمو هذه النباتات بكثافة عالية، وتمتص الرطوبة لتشكل ما يسمى بـ "raised bogs"، وبعد نمو هذه النباتات، فإنها تموت، ولكنها لا تتحلل كيميائيًا، ويبقى تركيبها الكيمائى كما هو. ومعظم التغيرات التى تحدث فيها تكون فيزيائية، نتيجة تجمد النباتات وتفككها.

وأفضل البيت هو البيت موس النقى الذى لا يوجد مختلطًا به نباتات أخرى. فإذا وجدت هذه النباتات. فإنها تعطى البيت لونًا أدكن، وتقل كفاءته فى ادمصاص العناصر الغذائية وكمخزن للرطوبة. والأخير يطلق عليه اسم "sedge moss"؛ لاحتوائه على بقايا معينة من الـ Sedge والـ Cotton-grass (Nelson ١٩٨٥).

الاسفاجنم موس

يتكون الاسفاجنم موس التجارى من بقايا نباتات متحللة من الجنس *Sphagnum*؛ مثل *S. papillosum*، و *S. capillacium*، و *S. palustre*، وهو معقم نسبيًا، خفيف الوزن، ذو مسامية عالية، وقدرة كبيرة جدًا على الاحتفاظ بالرطوبة؛ حيث يحتفظ بين أنسجته بنحو ١٠-٢٠ مثل وزنه من الماء، أو بمقدار من الماء يُعادل ٦٠٪ من حجمه.

ويمكن رؤية التركيب الدقيق للموس فى البيت موس. وترجع مقدرته الفائقة على الاحتفاظ بالرطوبة إلى أنه يحتفظ بالماء بكميات كبيرة على الأسطح الكثيرة جدًا للموس. بينما ترجع مساميته العالية إلى احتفاظه بالهواء فى المسام الكبيرة بين تجمعات البيت موس. ولهذا السبب لا ينصح بطحن البيت موس طحنًا دقيقًا، وإنما يتم تنعيمه قبل استعماله كوسط للزراعة؛ بحيث يتراوح قطر جزيئاته بين ملليمتر واحد وخمسة ملليمترات.

يعتبر الاسفاجنم موس من أكثر أنواع البيت حموضة، حيث يتراوح فيه الـ pH بين ٣ و ٤. ويتطلب نحو ١٥ كجم من الحجر الجيرى (بودرة البلاط) المطحون جيدًا لكل متر مكعب من البيت لرفع الـ pH إلى نحو ٦,٥. ويفيد البيت موس ذاته فى خفض pH التربة القلوية.

والبيت موس فقير جدًّا فى محتواه من العناصر المغذية؛ بسبب عدم اختلاط المادة العضوية بالتربة المعدنية أثناء تحللها. كما أن محتواه الآزوتى يتراوح بين ٠,٦٪–١,٤٪. وهو بطئ التحلل؛ ولذا .. فإنه يتعين تغذية النباتات التى تنمو فيه، حتى لو كان نموها لفترة قصيرة (عن Hartmann & Kester ١٩٩٣).

أنواع البيت الأخرى

من أنواع البيت الأخرى الأقل استعمالاً فى الأغراض الزراعية كل من: الريد سيدج بيت reed-sedge peat، والبيت هيومس peat humus.

والـ Reed-sedge peat ذو لون بنى محمرّ، ويتكون من نباتات المستنقعات؛ مثل: الريدز reeds، والسدج sedges، والـ marsh grasses، والـ Cattails، ويوجد فى مراحل مختلفة من التحلل، ولكنه يكون بصورة عامة أكثر تحللاً من البيت موس. وعليه .. فإن التهوية ومقدرته على الاحتفاظ بالرطوبة تكون أقل فيه مما هى فى البيت موس. وتتراوح حموضته من pH ٤ إلى ٧,٥ حسب مصدره.

أما الـ peat humus فلونه بنى داكن يميل إلى السواد، وعلى درجة عالية من التحلل، ويتحصل عليه غالبًا من hypnum peat، أو من Reed sedge peat، ولا يمكن ملاحظة الجزيئات النباتية الأصلية به؛ لأنها تكون قد تحللت، ومقدرته على الاحتفاظ بالرطوبة أقل من أنواع البيت الأخرى. وتتراوح حموضته من pH ٥–٧,٥، وبه مستوى مرتفع نسبيًّا من النيتروجين؛ وعليه .. فإنه لا يصلح لإنتاج الشتلات؛ لأنه يطلق كميات كبيرة من النيتروجين النشادرى أثناء التحلل الميكروبى للبيت عند استعماله. ونادرًا ما يستغل هذا النوع من البيت فى عمل مخاليط الزراعة.

الخصائص العامة المميزة للبيت

يمكن تلخيص الخصائص العامة للبيت موس فيما يلى:

١– يزن ٦٠–٧٠ كجم/متر مكعب.

٢– نسبة الفراغات به حوالى ٩٥٪ من حجمه.

٣- يحتوى على ١٪-٢٪ رمادًا.

٤- يمكن أن يحتفظ برطوبة تبلغ ١٥ ضعف وزنه.

٥- تفاعله حامضي؛ حيث يصل الـ pH إلى ٣,٨.

٦- تقدر سعته التبادلية الكاتيونية بنحو ١٥٠ مللى مكافئ/١٠٠ جم عند تعديل الـ pH إلى ٧.

٧- يتميز بقدرة تنظيمية Buffering Capacity جيدة فيما يتعلق بملوحة وسط الزراعة.

٨- ليس له أهمية تذكر في تغذية النبات؛ لأن محتواه من العناصر الغذائية ضعيف للغاية (عن Nelson ١٩٨٥).

البيت موس المعدل

تتوفر بالأسواق نوعيات تجارية مختلفة من البيت موس المعدل والمخصب ليناسب نمو الأنواع المختلفة من النباتات للأغراض المختلفة، وتتباين خصائصه ومكوناته كما يلى:

محتواه من الرطوبة (٪ على أساس الوزن): ٦٠٪-٧٠٪.

المسام التى تملأ بالهواء كنسبة مئوية بالحجم: ١٠٪-١٥٪.

الوزن الجاف لوحدة الحجم ١٥٠-٢٥٠ جم/لتر.

القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة كنسبة مئوية من الحجم: ٧٥٪-٨٠٪.

النسبة المئوية للمادة العضوية فى المادة الجافة: ٧٠٪-٨٠٪.

الـ pH: ٥,٥-٦,٠.

محتواه من العناصر المغذية بالملليجرام فى اللتر: النيتروجين ١٤٠-٣٢٠، وخامس أكسيد الفوسفور ١٢٠-٣٧٠، وأكسيد البوتاسيوم ١٣٠-٤١٠، وأكسيد المغنسيوم ٨٥-١٢٠.

كربونات الكالسيوم المضافة: ٥,٠ جم/لتر.

كما قد تضاف - كذلك - العناصر الأخرى بالمعدلات التالية بالملليجرام/لتر: الكبريت ٢٥٠، والحديد ٣٠، والمنجنيز ١٥، والنحاس ٤,٠، والبورون ١,٥، والزنك ٣,٠، والموليبدنم ١,٠.

وكمثال .. تحتوى إحدى تحضيرات البيت موس التجارية المخصبة (Hasselfors Garden) على كميات من العناصر بالجرام لكل متر مكعب من البيت المعدل، كما يلى:

٢٢٥ جم نيتروجين	٢٥٠ جم فوسفور
٣٥٠ جم بوتاسيوم	٢٥٠ جم مغنسيوم
٢٥٠٠ جم كالسيوم	٢٥٠ جم كبريت
٣٠ جم حديد	١٥ جم منجنيز
٤ جم نحاس	١,٥ جم بورون
٣ جرام زنك	١ جرام موليبدنم

أغلفة ثمار جوز الهند

ظهرت بالأسواق فى السنوات الأخيرة تحضيرات تجارية مصنوعة من الأغلفة الوسطى — الليفية — لثمار جوز الهند (وهى طبقة الغلاف الثمرى التى تعرف باسم mesocarp husk)، وتستعمل فى عمل بيئات الزراعة وإنتاج الشتلات؛ مثلها فى ذلك مثل البيت موس، وهى تأخذ أسماء تجارية مختلفة؛ مثل: Agropeat، و Plam peat.

تجهز هذه التحضيرات على شكل قوالب تبلغ أبعادها ١٠ × ٢٠ سم بسمك ٥ سم. يزن القالب الواحد حوالى ٦٨٠ جرامًا، وتبلغ رطوبته حوالى ٠,٧٪.

ويتم إعداد تلك القوالب لاستخدامها فى الزراعة بإضافة الماء إليها بمعدل ٤,٥ لترًا لكل قالب، ثم تفكك وتترك إلى أن تتمدد مكوناتها لتصبح على شكل حبيبات وألياف يتراوح لونها بين البنى الفاتح والبنى القاتم.

وتتوزع أحجام هذه الحبيبات والألياف كما يلى:

المكون	الطول أو القطر (مم)	النسبة المئوية
حبيبات	أقل من ٠,٢	أقل من ٥,٠
	٠,٢–٢,٠	٧٥–٩٠
	٢,٠–٥,٠	١٥

المكون	الطول أو القطر (مم)	النسبة المئوية
ألياف	أكثر من ٥,٠	أقل من ٥
	أكثر من ٢٥,٠	٥
	أكثر من ٣٥,٠	نادرة

ويتميز بيت جوز الهند المبلل بالماء بالمواصفات التالية:

الـ pH ٥,٤–٦,٨.

نسبة الرماد (على أساس الوزن الجاف): ٣٪–٦٪.

التوصيل الكهربائى: ٢٥٠ مللى موز–سم.

السعة التبادلية الكاتيونية: ٦٠–١٣٠ مللى مكافئ/لتر.

نسبة المادة العضوية (على أساس الوزن الجاف): ٩٤٪–٩٨٪.

نسبة اللجنين (على أساس الوزن الجاف): ٦٥٪–٧٠٪.

نسبة السيليوز (على أساس الوزن الجاف): ٢٠٪–٣٠٪.

نسبة الكربون إلى النيتروجين: ٨٠ إلى ١.

القدرة على الاحتفاظ بالماء: ٨–٩ أمثال الوزن الجاف.

نسبة المسام التى تُملأ بالهواء (حجم إلى حجم): ١٠٪–١٢٪.

نسبة المسام الكلية (حجم إلى حجم): ٩٤٪–٩٦٪.

القلب المطحون لساق نبات التيل

ينجح استخدام قلب ساق نبات التيل kenaf المطحون كبيئة للزراعات اللاأرضية، لكن يعاب عليه تثبيطه للنمو، ربما بسبب تثبيت الكائنات الدقيقة التى تحلله للنيتروجين الموجود بالبيئة؛ الأمر الذى يتطلب تخصيبها بمزيد من النيتروجين. ولقد أمكن التغلب على تلك المشكلة بخلط سماد آزوتى بطئ التيسر مع البيئة بدلاً من نقع التيل المجروش فى محلول من سماد آزوتى (Pill & Bischoff ١٩٩٨).

الفيرميكيوليت

يُحصل على الفيرميكيوليت Vermiculite من مناطق رسوبية طبيعية deposits فى أماكن مختلفة من العالم، ويكثر فى الولايات المتحدة وأفريقيا. وهو كيميائيًّا عبارة عن hydrated magnesium-aluminum silicate.

تتركب الخامة الأصلية من معدنين هما: الفيرميكيوليت Vermiculite، والبيوتيت biotite. وفى الأول تـرتبط القشور أو الصفائح الرقيقة بعضها ببعض بطبقات ميكروسكوبية من الماء، وفى الثانى يتم الربط بعنصر البوتاسيوم.

عند تسخين الخامة الأصلية إلى نحو ١٠٩٤ْم يتحول الماء إلى بخار؛ مما يزيد من حجم المادة الأصلية إلى ١٢–١٥ ضعف حجمها. والناتج يكون معقمًا، وإسفنجيًّا خفيف الوزن، وذا مقدرة عالية على امتصاص الماء، والاحتفاظ به ضد الجاذبية الأرضية، كما أنه جيد التهوية، ويحوى كميات من الكالسيوم، والبوتاسيوم والمغنسيوم بصورة ميسرة تكفى حاجة البادرات (Douglas ١٩٨٥).

ومن خصائص الفيرميكيوليت ما يلى:

١– الفيرميكيوليت الأمريكى متعادل أو حامضى قليلاً، فى حين أن الأفريقى قلوى، ويصل فيه الـ pH إلى ٩,٠.

٢– معقم.

٣– يزن ٧٥–١٥٠ كجم/م٣.

٤– يكون فى شكل رقائق تحتفظ بكميات كبيرة من الماء والعناصر الغذائية للنبات.

٥– ذو سعة تبادلية كاتيونية عالية تتراوح بين ١٩ و ٢٢,٥ مللى مكافئ/١٠٠ جم؛ نظرًا لكثرة الشحنات السالبة على أسطح الصفائح.

٦– يحتوى على كميات كبيرة ميسرة من المغنسيوم والبوتاسيوم تكفى لاحتياج النبات. أما محتواه من الكالسيوم، فيكفى النبات فى بداية نموه فقط.

ولا يجب تعريض الفيرميكيوليت — المعامل حراريًّا — للضغوط وهو مبتل؛ لأن ذلك يفقده خاصيته المسامية.

ويُدرّج الفيرميكيوليت المستخدم فى الأغراض البستانية - حسب قطر حبيباته - إلى أربع درجات، كما يلى:

درجة أولى: ويتراوح قطر حبيباتها بين ٥ و ٨ مم.

درجة ثانية: وهى الدرجة البستانية، ويتراوح قطر حبيباتها بين ٢ و ٣ مم.

درجة ثالثة: ويتراوح قطر حبيباتها بين ١ و ٢ مم.

درجة رابعة: وهى تناسب إنبات البذور، ويتراوح قطر حبيباتها بين ٠,٧٥ و ١,٠مم (عن Resh ١٩٨١).

البرليت

يعد البرليت Perlite بديلاً جيدًا للرمل لتوفير التهوية المناسبة. وهو يتميز عن الرمل بخفة وزنه؛ حيث يزن حوالى ١٠٠ كجم لكل متر مكعب، مقابل ١٨٥٠ كجم لكل متر مكعب من الرمل، ولكنه أكثر تكلفة من الرمل.

والبرليت عبارة عن حجر بركانى أساسه السيلكا، وذو لون أبيض رمادى. يتم طحن المادة الخام ونخلها، ثم تسخن فى أفران إلى حرارة ٧٦٠°م؛ حيث تتحول - حينئذٍ - كميات الماء القليلة التى توجد فيها إلى بخار؛ مما يؤدى إلى تمدد الحبيبات إلى أن تصبح إسفنجية وخفيفة الوزن جدًّا؛ لاحتوائها على جيوب هوائية كثيرة مغلقة (شكل ٧-٨، يوجد فى آخر الكتاب).

يتراوح قطر حبيبات البرليت المستخدم للأغراض البستانية بين ١,٦ و ٣ مم.

ويتميز البرليت بالخصائص التالية:

١- خفيف الوزن؛ حيث يزن حوالى ١٠٠ كجم لكل متر مكعب.

٢- معقم بفعل الحرارة الشديدة التى يتعرض لها أثناء إنتاجه.

٣- يحتفظ بنحو ٣-٤ أمثال وزنه من الماء.

٤- متعادل تقريبًا؛ حيث يتراوح رقمه الأيدروجينى (الـ pH) بين ٦-٨، وليست له خاصية تنظيم للـ pH (buffering capacity)، أى ليست لديه القدرة على تثبيت الـ pH.

٥- ليست لديه أية سعة تبادلية كاتيونية.

٦- لا يحتوى على اية عناصر مغذية مُيسرة لامتصاص النبات.

٧- يلتصق الماء بسطح حبيبات البرليت، ولكنه لا يتشربها (عن Resh ١٩٨١).

الحجر البركانى (البوميس)

يتكون البوميس Pumice — مثل البرليت — من مادة سيليكونية ذات أصل بركانى ولكنها تمثل المعدن الخام بعد سحقه ونخله دون تسخين.

ويتميز البوميس بجميع خصائص البرليت، إلا أنه أثقل وزنًا ولا يدمص الماء سريعًا مثلما يحدث مع البرليت. ويستخدم البوميس مع البيت والرمل (شكل ٧-٩، يوجد فى آخر الكتاب).

رغوة البوليسترين

تعرف رغوة البوليسترين Polystyrene foam بعدد من الأسماء التجارية؛ منها: ستيروفوم Styrofoam وستيروبور Styropor. وهى مثل البرليت يمكن أن تكون بديلاً للرمل؛ لأنها تحسن التهوية، وتتميز عن الرمل بخفة الوزن.

والبوليسترين مادة مصنعة بيضاء، تحتوى على عديد من الخلايا المغلقة المملوءة بالهواء، وهى خفيفة الوزن، تزن أقل من ٢٥ كجم لكل متر مكعب. وهى لا تمتص الرطوبة، وليست بها سعة تبادلية كاتيونية تذكر، وذات pH متعادل، ولا تؤثر بالتالى على pH بيئة الزراعة.

ويمكن الحصول على البوليسترين على شكل كرات صغيرة، أو على شكل صفائح. ويتراوح قطر الكرات بين ٣ و ٩مم، وسمك الصفائح بين ٣ و ١٢ مم (Nelson ١٩٨٥).

رغوة اليوريا فورمالدهيد

تتكون رغوة اليوريا فورمالدهيد Urea-formaldehyde foam من جزيئات أسفنجية ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة. تحتوى هذه الرغوة على نيتروجين بنسبة ٣٠٪، يكون

ميسرًا لامتصاص النبات، ولكن يكون تيسره ببطء شديد وعلى مدى عدة سنوات.

ولا يجوز استخدام هذه المادة فى بيئات الزراعة قبل أن تختفى منها رائحة الفورمالدهيد (عن Hartman & Kester ١٩٨٣).

أمثلة للمخاليط المستعملة فى الزراعة، وطرق تحضيرها

تتنوع المخاليط المستخدمة فى الزراعة بدرجة كبيرة من بلد لآخر، ومن موقع لموقع، ويتوقف ذلك على مدى توفر المواد الأولية المستخدمة فى عمل المخاليط، وتكلفتها، لكى يكون استعمالها اقتصاديًّا. وإلى جانب المخاليط ذات الطابع المحلى التى لا تستخدم إلا على نطاق محدود فى أماكن معينة، توجد مخاليط أخرى اتسع نطاق استخدامها فى مناطق مختلفة من العالم، وأثبتت الخبرة والتجربة تفوقها على غيرها من مخاليط الزراعة.

هذا .. وتوجد مخاليط أساسها التربة، وأخرى لا تدخل التربة ضمن مكوناتها. وفى كلتا الحالتين تضاف إلى المخلوط مواد أساسية أخرى؛ مثل: الرمل، والفيرميكيوليت، والبرليت، والبيت موس، والسماد العضوى، وغيرها من المكونات التى سبق ذكرها، إلى جانب الأسمدة والمركبات التى تعمل على تعديل pH المخلوط إلى المستوى المناسب.

ومن الأمور التى تجب مراعاتها عند تحضير مخاليط الزراعة ما يلى:

١- قد يصعب بلّ البيت موس الجاف، وخاصة إذا كان مطحونًا بدرجة كبيرة؛ لأنه يكون طاردًا للماء؛ ولذا .. فإن البيئات التى يكون أساسها البيت موس تضاف إليها إحدى المواد المبللة Wetting Agents بمعدل حوالى ١٠٠ جم لكل متر مكعب من الخلطة.

ومن التحضيرات التجارية للمواد المبللة ما يلى:

Ethomid 0/15
Hallco CPH 123
Hydro-wet (L237)
Aqua Gro
Gafac PE 510
Neutronyx 600

Tetronic 908	Super Soaker
Surf Side	Triton B-1956

٢- يضاف الفوسفور بما يكفى للنمو النباتى فى صورة سوبر فوسفات الكالسيوم بمعدل ١,٥ كجم لكل متر مكعب من الخلطة.

٣- تلزم إضافة العناصر الدقيقة؛ لأنه غالبًا ما تظهر أعراض نقص بعضها، وخاصة البورون والحديد، فى البيئات التى يكون أساسها البيت موس. وتكون إضافة العناصر الدقيقة إما فى صورة مخلوط كامل منها سابق التجهيز، وإما فى صورة أملاح مفردة لمختلف العناصر.

ويمكن تقسيم أنواع بيئات نمو النباتات إلى ثلاث فئات، كما يلى:

١- مخاليط لاأرضية سابقة الخلط والتجهيز pre-mixed soilless mixes:

من أمثله هذه المخاليط منتجات تجارية مثل Jiffy Mix، و Sunshine Mix، و Metro Mix وغيرهم، ومعظمها يحتوى على البيت والفيرميكيوليت وإضافات أخرى. وهى تتميز بجودة الصرف والقدرة على الاحتفاظ بالماء، لكنها تكون بحاجة إلى التسميد نظرًا لقلة محتواها من العناصر المغذية.

٢- مخاليط البيئات Mixed media:

تعرف عديد من الوصفات لتلك المخاليط مثل تلك الخاصة بجامعة كورنل Cornell mixes، ومخلوط معهد بحوث الصوبات الزجاجية Glass House Research Institute Mix.

٣- مخاليط التربة Soil Mixes:

يفضل بعض المزارعين استخدام المخاليط التى تحتوى على التربة ضمن مكوناتها نظرًا لعدم تعرض رقمها الأيدروجينى للتغيرات الحادة (تتميز التربة بالقدرة التنظيمية العالية للـ pH). ومن أبرز أمثلة تلك المخاليط تلك الخاصة بجامعة ولاية بنسلفانيا Penn State Mixes ومخاليط معهد جون إنز John Innes Mixes، وهى التى تحتوى — إلى جانب التربة — على بيت وبرليت ورمل (Marr ١٩٩٤).

مخاليط جامعة كورنلّ

يستعمل بجامعة كورنلّ مخلوطان للزراعة يطلق عليهما اسم Cornell Peat-Mixes أساسهما البيت موس مع الفيرميكيوليت فى المخلوط الأول (أ)، والبيت موس مع البرليت فى المخلوط الثانى (ب). ويحوى مخلوط (أ) المكونات المبينة فى جدول (٧-٤).

جدول (٧-٤): مكونات مخلوط كورنلّ (أ)

المادة	الكمية التى تلزم لعمل ١م٣ من الخلطة
بيت موس	٠,٥ م٣
فيرميكيوليت حجم ٢، و٣، و ٤	٠,٥ م٣
مسحوق الحجر الجيرى (بودرة البلاط)	٣,٠ كجم
مسحوق سوبر فوسفات أحادى	١,٢ كجم
سماد مركب ٥-١٠-٥ أو ٥-١٠-١٠	٣,٦ كجم
بوراكس (١١٪ بورون)	١٣,٠ جم
حديد مخلبى	٣٣,٠ جم

ويراعى عند تجهيز الخلطة ما يلى:

١- يضاف السوبر فوسفات لكى يكون مصدرًا لكل من الفوسفور والكالسيوم.

٢- يحسن تنويع النيتروجين فى السماد المركب فى الصورتين النيتراتية والأمونيومية؛ حتى لا يَحْدُث تسمم من الأمونيا.

٣- يجب نثر السماد وتوزيعه جيدًا على البيت والفيرميكيوليت، ويذاب الحديد والبوراكس فى الماء، ثم يرش على المخلوط.

٤- يَحْسُن إضافة مادة تساعد على بلّ المخلوط، مثل مادة Aqua-gro.

أما مخلوط كورنلّ (ب)، فلا يختلف عن مخلوط كورنلّ (أ) إلا فى احتوائه على البرليت Perlite بدلاً من الفيرميكيوليت. ونظرًا لأن البرليت لا يحتوى على بوتاسيوم؛ لذا .. يضاف إلى المخلوط كلوريد البوتاسيوم بمعدل ٣٠٠ جم/م٣ (Boodley & Sheldrake ١٩٧٣).

ويوجد مخلوط ثالث لجامعة كورنلّ يستعمل فى زراعة النباتات الورقية، ويدخل فى

تركيبه كل من البيت موس بنسبة ٥٠٪، والفيرميكيوليت بنسبة ٢٥٪، والبرليت بنسبة ٢٥٪ ويضاف إلى هذا المخلوط كميات الأسمدة والمركبات الأخرى لكل متر مكعب من الخلطة كما يلى (عن Boodley & Sheldrake ١٩٧٣).

المادة	الكمية المضافة / متر مكعب من خلطة الزراعة
حجر جيرى	٤,٨ كجم
سوبر فوسفات كالسيوم	١,٢ كجم
نترات كالسيوم	٠,٦ كجم
عناصر صغرى	٤٣ جم
كبريتات حديد	١٦ جم
سماد ١٠-١٠-١٠	١,٥ كجم
مادة مبللة	٦٤ جم

مخلوط معهد جون إنز

يتكون مخلوط معهد جون إنز John Innes أساسًا من التربة الطميية، والبيت موس، والرمل، وتضاف إليه الأسمدة والحجر الجيرى لرفع الـ pH، كما هو مبين فى جدول (٧-٥).

جدول (٧-٥): مخلوط معهد جون إنز John Innes.

المكون	الأجزاء بالحجم	
	لإنتاج الشتلات	لنمو النباتات
تربة طميية	٢	٧
بيت موس	١	٣
رمل	١	٢
	كجم / م٣	
حجر جيرى مطحون	١	١
سوبر فوسفات (٢٠٪ P_2O_5)	٢	—
سماد ٥-١٠-٥	—	٧,٥

مخاليط جامعة ولاية بنسلفانيا

تعتمد مخاليط جامعة ولاية بنسلفانيا فى تكوينها على التربة، والبيت، والبرليت بنسب متفاوتة، كما هو مبين فى جدول (٧-٦).

جدول (٧-٦): مخاليط جامعة ولاية بنسلفانيا.

المخلوط	نوع التربة المستخدمة	الأجزاء بالحجم من		
		التربة	البيت	البرليت Perlite
أ	طميية طينية Clay Loam	١	٢	٢
ب	طميية طينية رملة Sandy Clay Loam	١	١	١
جـ	طميية رملية Sandy Loam	٢	٢	صفر

ويضاف إلى هذه المكونات ٧,٥-١٠,٥ كجم من الحجر الجيرى، و ١٠,٥-١٣,٠ كجم من السوبر فوسفات (٢٠٪) لكل متر مكعب من المخلوط (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

مخاليط جامعة كاليفورنيا

تستخدم جامعة كاليفورنيا خمسة مخاليط للزراعة يطلق عليها سم U.C. Mixes أساسها الرمل والبيت موس، كما هو مبين فى جدول (٧-٧).

وتضاف إلى كل مخلوط كمية معينة من الأسمدة والمواد التى تحسن من خواص المخلوط، كما هو موضح بالتفصيل فى جدول (٧-٨) (Matkin & Chandler ١٩٥٧).

جدول (٧-٧): مكونات مخاليط جامعة كاليفورنيا.

المخلوط	النسبة المئوية للرمل الناعم	النسبة المئوية للبيت موس
أ	١٠٠	صفر
ب	٧٥	٢٥
جـ	٥٠	٥٠
د	٢٥	٧٥
هـ	صفر	١٠٠

جدول (٧-٨): كميات الأسمدة والمركبات الداخلة فى تركيب مخاليط جامعة كاليفورنيا.

المخلوط	المكونات [أ] (٪بالحجم) رمل	بيت موس	الوزن (بالجرام/ سم^3) وهو مشبع بالرطوبة	وهو مجفف فى الفرن	الحد الأقصى للمحتوى الرطوبى (٪ بالحجم)	الأسمدة اللازمة مع إمكانية التخزين (الكمية/م^3)
أ	١٠٠	صفر	١,٨٧	١,٤٢	٤٣	٢٢٧ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ١,١ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٠,٧ كجم حجر جيرى دولوميتى ١,١ كجم جبس
ب	٧٥	٢٥	١,٦٨	١,٢٢	٤٦	١٧٠ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ١,١ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٢,٠ كجم حجر جيرى دولوميتى ٠,٦ كجم كربونات الكالسيوم ٠,٦ كجم جبس
جـ	٥٠	٥٠	١,٥٠	١,٠١	٤٨	١١٣ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ١,١ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٣,٤ كجم حجر جيرى دولوميتى ١,١ كجم كربونات كالسيوم
د	٢٥	٧٥	١,٠٦	٠,٥٤	٥١	١١٣ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ٠,٩ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٢,٣ كجم حجر جيرى دولوميتى ١,٨ كجم نترات كالسيوم
هـ	صفر	١٠٠	٠,٦٩	٠,١١	٥٩	١٧٠ جم نترات البوتاسيوم ٠,٥ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات

تابع جدول (٧-٨).

المكونات^(أ)^ (٪ بالحجم) المخلوط رمل : بيت موس	الوزن (بالجرام/ سم٣) وهو مشبع بالرطوبة	وهو مجفف فى الفرن	الحد الأقصى للمحتوى الرطوبى (٪ بالحجم)	الأسمدة اللازمة مع إمكانية التخزين (الكمية/م٣)
				١,١ كجم حجر جيرى دولوميتى
				٢,٣ كجم كربونات كالسيوم

(أ) يجب أن يتكون الرمل من حبيبات يتراوح قطرها بين ٠,٥ و ٠,٠٥مم، وألا تتجاوز نسبة السلت والطين به ١٥٪، وألا تزيد نسبة الرمل الخشن به على ١٢٪-١٥٪. أما البيت فيجب أن يكون ناعمًا وخاليًا من الفطريات ومسببات الأمراض الأخرى.

مخلوط كنزلى

يستخدم مخلوط كنزلى Kinsealy peat mix فى أيرلندا، كما استخدم بنجاح فى مصر. وأساسه البيت موس الذى تضاف إليه الأسمدة، والحجر الجيرى الدولوميتى بالكميات الموضحة فى جدول (٧-٩). ويمكن استبدال العناصر الدقيقة المبينة فى الجدول بنحو ٠,٤ كجم فرتز العناصر الدقيقة Fritted trace elements لكل متر مكعب من البيت (Kinsealy Research Center ١٩٨٠).

مخلوط معهد أبحاث الصوبات

تحضر مخاليط معهد أبحاث محاصيل الصوبات فى بريطانيا — وأساسها البيت والرمل — كما هو مبين فى جدول (٧-١٠).

مخاليط مستعملة محلياً

تستخدم فى مصر — غالبًا — بيئة لإنتاج الشتلات تتكون من البيت موس والفيرميكيوليت بنسب متساوية يخلطا معًا فوق شريحة من البلاستيك مع فرك البيت جيدًا. ويستمر الخلط والتقليب حتى يصبح متجانسًا، ويلى ذلك نثر الأسمدة الكيميائية كل على حدة فى صورة محلول أو معلق، ثم ترش الخلطة بالماء ويعاد تقليبها. وتعد رطوبة الخلطة جيدة إذا ابتلت

اليد عند القبض على حفنة منها مع عدم انسياب الماء منها بين الأصابع إلا بصعوبة. يلي ذلك تغطية الخلطة بشريحة بلاستيكية لمدة يوم واحد قبل تقليبها مرة أخرى ثم استعمالها.

جدول (٧-٩): المركبات التي تضاف إلى البيت في مخلوط كرتلي..

المادة	الكمية لكل ١م٣ من البيت موس (بالكجم)
كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم (الحجر الجيرى الدولوميتى)	٩,٠
كبريتات البوتاسيوم	١,٤
السوبر فوسفات	١,٤
نترات الكالسيوم والأمونيوم	٠,٧
يوريا فورمالدهيد Ureaformaldehyde	٠,٧
	(بالجرام)
البوراكس	١١,٨
كبريتات النحاس	٢١,٢
كبريتات الحديدوز	٣٥,٤
الحديد المخلبى	٣٥,٤
كبريتات المنجنيز	١٤,٢
كبريتات الزنك	١٤,٢
موليبدات الصوديوم	٢,٤

جدول (٧-١٠): مكونات مخاليط معهد أبحاث محاصيل الصوبات في بريطانيا.

المكونات	مخلوط إنتاج الشتلات	مخلوط نمو النباتات
	الأجزاء بالحجم	
البيت موس	١	٣
الرمل	١	صفر
	الكميات لكل متر مكعب	
مسحوق الحجر الجيرى	٣,٢٥ كجم	٢,٥ كجم
الحجر الجيرى الدولوميتى	—	٢,٥ كجم
سوبر فوسفات (٢٠٪)	٧٥٠ جم	١,٦ كجم
نترات بوتاسيوم	٣٧٠ جم	٨٠٠ جم
نترات أمونيوم	—	٣٧٠ جم
فرتز العناصر الدقيقة Fritted Trace elements	—	٣٧٠ جم

وتحتاج الخلطة كميات الأسمدة التالية لكل شيكارة من البيت موس المستخدم:

السماد	الخيار والكنتالوب	الطماطم والفلفل
سوبر فوسفات أحادى (جم)	٣٠٠	٤٠٠
سلفات البوتاسيوم (جم)	١٠٠	١٥٠
نترات أمونيوم (جم)	١٥٠	٢٥٠
سماد ورقى غنى بالحديد والزنك والمنجنيز	٥٠ مل أو ٥٠ جم	٧٥ مل أو ٧٥ جم
سلفات مغنسيوم (جم)	١٥	٢٥
بودرة بلاط (كجم)	٤	٤

ويضاف إلى كمية الخلطة السابقة أحد المبيدات الفطرية المناسبة؛ مثل: مونسرين كومبى بمعدل ٢٥ جم، أو مونسرين بمعدل ١٠٠ جم، أو بنليت بمعدل ١٠٠ جم، أو التوبسن إم بمعدل ٥٠ جم. وقد يمكن استبدال جميع الأسمدة السابق بيانها فى الخلطة بكيلو جرام واحد من سماد مركب يحتوى على جميع العناصر، وذى تحليل مرتفع؛ كأن يكون: ١٩-١٩-١٩-٢ مغ + عناصر صغرى.

وقد لا تُخَصَّب خلطة الزراعة بالأسمدة التى أسلفنا بيانها (وإن استمرت إضافة المطهر الفطرى وبودرة البلاط) ويتم بدلاً من ذلك تسميد البادرات رشًا ٢-٣ مرات أسبوعيًّا فى المراحل الأولى من نموها باستعمال سماد مركب ١٩ - ١٩ - ١٩ - عناصر صغرى بمعدل جرام واحد/لتر، ثم يستخدم فى الرشتين الأخيرتين سماد مركب ٤ - ٤ - ٤٠ - عناصر صغرى للمساعدة فى زيادة سمك ساق الشتلات.

إضافة الكمبوست إلى بيئة البيت والفيرميكيوليت

وجد أن استبدال جزء من البيت فى بيئة مخلوط البيت مع الفيرميكيوليت بكمبوست سبلة الماشية أفاد كثيرًا فى تحسين نمو بادرات الخس والكرنب فى المشتل، حيث كان طول الشتلات ووزنها ومحتوى أوراقها من الكلوروفيل أفضل. واستمر التأثير فى الحقل بعد الشتل، مع توفيره حماية للنباتات من الإصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* التى تؤدى إلى موت نسبة من النباتات. وقد ترتب

على ذلك زيادة فى المحصول مقارنة بمحصول الشتلات المنتجة فى بيئة البيت والفيرميكيوليت فقط، إلاّ أن ذلك التأثير على المحصول لم يظهر فى الأرض غير الملوثة بالفطر (Raviv وآخرون ١٩٩٨).

خلطات تجارية أساسها قلف الأشجار

تقوم بعض الشركات بتحضير مخاليط للزراعة يكون أساسها قلف الأشجار والبيت موس، ويضاف إليهما عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم بتركيزات مختلفة لاستعمالها فى الأغراض المختلفة.

ومن بين المخاليط التجارية المستعملة المخلوط Tropic Terra-T (إنتاج شركة Agrotropical Industries القبرصية)، الذى يتكون من القلف والبيت، ويحتوى على العناصر الكبرى بالتركيزات التالية (بالملليجرام/لتر من المخلوط): النيتروجين ٢٩٠، والفوسفور ٤٥٠، والبوتاسيوم ٣٩٠، هذا بالإضافة إلى العناصر الدقيقة.

الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط الزراعة

يوضح جدول (٧-١١) الصفات الفيزيائية لبعض المواد الأساسية التى تدخل فى عمل مخاليط الزراعة ومواصفات بعض هذه المخاليط، كما يوضح جدول (٧-١٢) الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط التربة التى تتكون من التربة والبرليت والبيت بنسب متفاوتة (Hanan وآخرون ١٩٧٨).

مراجع فى أوعية نمو النباتات وبيئات الزراعة

للإطلاع على تفاصيل إنتاج شتلات الخضر فى أوعية متنوعة .. يراجع Vavrina (٢٠٠٢).

وللإطلاع على الخصائص الكيميائية لبيئات الزراعة .. يراجع Argo (١٩٩٨).

جدول (٧-١١): الصفات الفيزيائية للمخاليط المستخدمة فى الزراعة ومكوناتها.

المادة	الكثافة الجافة (بالجم سم^-٣)	الكثافة المبتلة (بالجم سم^-٣)	القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة (٪ من الحجم)	المسامية الكلية (٪)	مسامية الهواء الحر الحركة (٪)
التربة الطميية الطينية	٠,٩٥	١,٥١	٥٤,٩	٥٩,٦	٤.٧
التربة الطميية الرملية	١,٥٨	١,٩٥	٣٥,٧	٣٧,٥	١.٨
البيت موس (سفاجنم)	٠,١١	٠,٧٠	٥٨,٨	٨٤,٢	٢٥,٤
البرليت (١,٥-٥ مم)	٠,٠٩	٠,٥٢	٤٢,٦	٥٧,٨	٣٣,٢
البرليت (٦-٧,٥ مم)	٠,١٠	٠,٢٩	١٩,٥	٧٣,٦	٥٣,٩
قشور الأرز	٠,١٠	٠,٢٣	١٢,٣	٨١,٠	٦٨.٧
رمل البناء	١,٦٨	١,٩٥	٢٦,٦	٣٦,٠	٩,٤
رمل ناعم	١,٤٤	١,٨٣	٣٨,٧	٤٤,٦	٥,٩
نشارة خشب	٠,٢١	١,٦٠	٣٨,٢	٨٠,٨	٤٢,٦
فيرميكيوليت	٠,١١	٠,٦٥	٥٣,٠	٨٠,٥	٢٧,٥
مخلوط بنسبة ١:١ من التربة الطميية الطينية مع:					
البيت موس (سفاجنم)	٠,٥٥	١,١٨	٦١,٠	٧١,٠	١٠,٠
رمل البناء	١,٢٨	١,٦٩	٤٠,٨	٤٧,٠	٦,٢
رمل ناعم	١,٣٢	١,٧٤	٤١,٥	٤٧,٤	٦,٩
مخلوط بنسبة ١:١ من التربة الطميية الرملية مع:					
البيت موس (سفاجنم)	٠,٨٧	١,٤١	٥٢,٨	٥٩,١	٦,٣
نشارة الخشب	٠,٨٠	١,٣٣	٥٢,٧	٦٢,٨	١٠,١
مخلوط بنسبة ١:١ من الرمل الناعم مع:					
البيت موس (سفاجنم)	٠,٧٥	١,٢٣	٤٧,٣	٥٦,٧	٩,٤
البرليت (١,٥-٤,٥ مم)	٠,٨٦	١,٢٩	٤٢,٦	٥٢,٠	٧,٦
مخلوط بنسبة ١:١ من البيت موس مع:					
البرليت (٤,٥-٦,٠ مم)	٠,١١	٠,٦٣	٥١,٣	٧٤,٩	٢٣,٦

جدول (٧-١٢): الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط التربة.

المخلوط (تربة – برليت – بيت)	الكثافة (بالجم سم-٣)	المسامية الكلية (٪)	المقدرة على الاحتفاظ بالماء (٪ بالماء)	المسامية المشغولة بالهواء (٪ حجم)	سرعة تصرف الماء (سم ساعة-١)
١٠- صفر – صفر	١,١٥	٥٧,٠	٤٣,٩	١٣,١	٤,١
٩ – ١ – صفر	١,١٥	٥٦,٩	٤٢,٠	١٤,٩	٥,٣
٩ – صفر – ١	١,٠٥	٦٠,٧	٤٣,٧	١٧,٠	٤,٦
٨ – ١ – ١	١,٠٣	٦١,٣	٤٦,٠	١٥,٣	٦,٦
٧ – ٢ – ١	١,٠٣	٦١,٥	٤١,٨	١٩,٧	٥٠,٨
٧ – صفر – ٣	٠,٩٣	٦٤,٩	٤١,٠	٢٣,٩	٣٩,١
٧ – ١ – ٢	٠,٨٥	٦٧,٩	٤٥,٦	٢٢,٣	٣٥,٨
٧ – ٢ – ١	٠,٩٠	٦٦,٤	٤٤,٩	٢١,٥	٤٩,٠
٦ – ١ – ٣	٠,٧٢	٧٢,٥	٤٤,٢	٢٨,٣	٣٠,٠
٦ – ٢ – ٢	٠,٨٢	٦٩,٢	٤١,٢	٢٨,٠	٣١,٢
٦ – ٣ – ١	٠,٨٦	٦٧,٥	٤٣,٨	٢٣,٧	٣٤,٨
٥ – ٥ – صفر	٠,٨٢	٦٩,٣	٤٢,٤	٢٦,٩	٢٠,٣
٥ – صفر – ٥	٠,٦٩	٧٣,٤	٤٧,٦	٢٥,٨	٩٩,٦
٣ – ٧ – صفر	٠,٦٨	٧٣,٦	٣٩,٦	٣٤,٠	١٣٢,٦
٣ – صفر – ٧	٠,٤٨	٨١,١	٥٧,٣	٢٣,٨	١٤٨,٣
٣ – ٦ – ١	٠,٥٤	٧٨,٧	٣٩,٥	٣٩,٢	١٠٨,٠
٣ – ١ – ٦	٠,٤٥	٨٢,٥	٥٣,٣	٢٧,٢	١٢٣,٢
٢ – ٧ – ١	٠,٤٦	٨٢,١	٣٨,٨	٤٣,٣	> ١٥٢
٢ – ١ – ٧	٠,٣٨	٨٤,٧	٦٣,٩	٢٠,٨	> ١٥٢
٢ – ٦ – ٢	٠,٤٠	٨٤,٣	٤٢,٠	٤٢,٣	> ١٥٢
٢ – ٢ – ٦	٠,٣٦	٨٥,٨	٥٣,٨	٣٢,٠	> ١٥٢
١ – ٩ – صفر	٠,٤٠	٨٤,٢	٤٠,٣	٤٣,٩	> ١٥٢
١ – ٨ – ١	٠,٣١	٨٧,٦	٣٨,١	٤٩,٥	> ١٥٢
١ – ٧ – ٢	٠,٣٠	٨٧,٩	٤٥,٩	٤٢,٠	> ١٥٢
١ – ٦ – ٣	٠,٢٩	٨٨,٣	٤٣,٢	٤٥,١	> ١٥٢
١ – ٣ – ٦	٠,٢٦	٨٩,٣	٥٥,٩	٣٣,٤	> ١٥٢
١ – ٢ – ٧	٠,٢٧	٨٨,٦	٦٤,٠	٢٤,٦	> ١٥٢
١ – ١ – ٨	٠,٢٧	٨٨,٧	٦٤,٨	٢٣,٩	> ١٥٢

تابع جدول (٧-١٢).

المخلوط (تربة – برليت – بيت)	الكثافة (بالحجم سم-٣)	المسامية الكلية (٪)	المقدرة على الاحتفاظ (بالماء ٪)	المسامية المشغولة بالهواء (٪ حجم)	سرعة تصرف الماء (سم ساعة·)
١ – صفر – ٩	٠,٢٢	٩١,١	٦٨,٦	٢٢,٥	١٥٢ <
صفر – ١٠ – صفر	٠,١٨	٩٢,٤	٣٦,٨	٥٥,٦	١٥٢ <
صفر – ٩ – ١	٠,١٧	٩٢,٧	٣٨,٧	٥٤,٠	١٥٢ <
صفر – ٧ – ٣	٠,١٤	٩٣,٨	٤٣,٥	٥٠,٣	١٥٢ <
صفر – ٥ – ٥	٠,١٤	٩٣,٤	٥١,٥	٤١,٩	١٥٢ <
صفر – ٣ – ٧	٠,١٢	٩٣,٨	٥٢,٦	٤١,٢	١٥٢ <
صفر – ١ – ٩	٠,١٨	٨٩,٨	٦٤,٦	٢٥,٢	١٥٢ <
صفر – صفر – ١٠	٠,١٠	٩٤,٤	٦٣,٨	٣٠,٦	١٥٢ <

الفصل الثامن

إنتاج شتلات الخضر

يعد استخدام الشتلات فى الزراعة إحدى طرق التكاثر الجنسى؛ لأن البذور تستخدم فى إنتاج الشتلات فى غالبية المحاصيل، إلاّ أن بعض الخضروات تنتج شتلاتها بطرق التكاثر الخضرى؛ مثال ذلك: البطاطا، والفراولة.

وتنتج الشتلات بزراعة البذور فى مكان خاص يعرف بـ "المشتل"، وبعد أن يصل نمو البادرات إلى الحجم المناسب، فإنها تنقل إلى الحقل الدائم.

مزايا وعيوب استخدام الشتلات فى الزراعة

المزايا

لاستخدام الشتلات فى الزراعة – بدلاً من الزراعة فى الحقل مباشرة – عديد من المزايا التى يمكن إيجازها فيما يلى:

١– خفض نفقات الإنتاج، نظرًا لأن فترة نمو النباتات فى المشتل (والتى تتراوح عادة بين ٤ و ١٠ أسابيع حسب المحصول، ودرجة الحرارة السائدة) لا تَشْغَل النباتات اثناءها إلا مساحة محدودة من الأرض، وفى ذلك توفير فى الأرض، والمجهود الذى يبذل فى رعاية النباتات.

وتجدر الإشارة إلى أن الفدان الواحد من المشتل ينتج عددًا من الشتلات يتراوح بين نحو ١٠٠ ألف شتلة من الطماطم، و ٢٥٠ ألف شتلة فى الفلفل والكرنب، و ٧٥٠ ألف شتلة فى البصل (Ware & MaCollum 1980). كما أن الشتلات التى تنتج من فدان واحد من المشتل يمكن أن تستخدم فى زراعة نحو ١٠ أفدنة من البصل والأسبرجس، و ٢٠–٤٠ فدانًا من الكرنب والقنبيط والبروكولى، و ١٠٠–٢٠٠ فدانًا من الطماطم.

٢– يمكن انتخاب النباتات السليمة الخالية من الإصابات المرضية لشتلها، واستبعاد النباتات غير المرغوب فيها.

٣- إمكانية زراعة الخضروات التى تحتاج إلى موسم نمو طويل ودافئ عندما تكون فترة الدفء قصيرة، وذلك بالاستفادة من فترة نمو النباتات بالمشتل مع تدفئة المشاتل.

٤- الإنتاج المبكر للخضروات بإنتاج الشتلات فى أماكن مدفأة، والاستفادة من الأسعار المرتفعة للمحصول المبكر.

٥- إمكانية زراعة أكثر من محصول واحد فى نفس الحقل فى الموسم الواحد؛ بتوفير الحقل أثناء فترة نمو الشتلات بالمشاتل.

٦- سهولة خدمة النباتات فى المشتل - وهو مساحة محدودة - أكثر مما فى الحقل.

٧- إمكانية حماية النباتات من التقلبات الجوية فى المشتل، بينما يصعب أو يستحيل ذلك أحيانًا تحت ظروف الحقل.

٨- إمكانية التوفير فى التقاوى عند الزراعة بالمشتل، ولذلك أهمية كبيرة بالنسبة للأصناف الهجين التى ترتفع أسعار تقاويها.

٩- تؤدى عملية تقليع النباتات بغرض شتلها إلى زيادة تفريع الجذور بعد الشتل؛ وبالتالى زيادة تشعب المجموع الجذرى للنباتات المشتولة. ولا تحدث تلك الزيادة فى نمو الجذور فى النباتات التى تربى فى أوعية لا يعاد استخدامها؛ مثل: الأصص الورقية، وأصص جيفى ٧، أو ما شابه ذلك.

١٠- قد يؤدى الشتل - أحيانًا - إلى زيادة طفيفة فى المحصول المبكر والمحصول الكلى، خاصة إذا أخذ فى الحسبان أن الشتلات تنتج تحت ظروف متحكم فيها، وأنها تشتل على المسافة المرغوبة، وهما أمران لا يسهل تحقيقهما فى حالة الزراعة بالبذور مباشرة فى الحقل.

ومن جهة أخرى .. فإن عملية الشتل ينتج عنها دائمًا توقف مؤقت فى النمو Ckecking in growth عقب الشتل مباشرة، وقد يدوم التوقف لفترة طويلة، ويصحبه تأخير فى النضج، ونقص فى المحصول الكلى إذا شتلت النباتات وهى كبيرة، ولكن إذا شتلت النباتات فى العمر المناسب، فإن فترة التوقف المؤقت عن النمو تكون قصيرة،

وسرعان ما يزول أثرها بسبب الزيادة التى تحدث فى تفريع الجذور بعد تقليع النباتات من المشتل.

ويمكن القول إنه عند تساوى عدد النباتات فى وحدة المساحة، وعند استخدام شتلات قوية النمو ومؤقلمة جيدًا. فإن الزراعة بالشتلات تغل - عادة - محصولاً أعلى قليلاً من الزراعة بالبذور مباشرة، كما قد يزيد - كذلك - المحصول المبكر عند استعمالها.

العيوب

هناك عيوب لاستخدام الشتلات فى الزراعة، وهى:

١- قد تنتقل بعض مسببات الأمراض من منطقة إلى أخرى مع الشتلات؛ مثل نيماتودا تعقد الجذور، وفطريات الذبول.

٢- وكما سبق الذكر .. فإن الخضروات تتعرض لتوقف مؤقت فى النمو عقب شتلها، وتتوقف شدة هذا التوقف ومدته على العوامل الآتية:

أ- عدد مرات نقل النباتات، وما يتبع ذلك من زيادة تقطيع الجذور: فأحيانًا تُفرد النباتات من الخطوط المتزاحمة على مسافات أوسع (حوالى ٣ × ٣ سم)، وتسمى هذه العملية بـ "التفريد" Prickung off، وبعد أن تبلغ الحجم المناسب للشتل، فإنها تنقل إلى المكان المستديم.

ب- حجم النباتات عند الشتل: فكلما ازداد حجمه، ازداد التوقف فى النمو عند الشتل.

جـ - مدة بقاء النبات معرضًا للنقص فى كمية الماء التى يمتصها؛ نتيجة لتقطيع الجذور.

د- الظروف البيئة التى تؤثر على معدل النتح قبل أن يكوّن النبات جذورًا جديدة.

هـ- نسبة أو مقدار الجذور المتبقية بالشتلة بدون تقطيع بعد تقليعها من المشتل.

و- مقدرة الجذور المتبقية على امتصاص الماء.

ز- سرعة تكوين الجذور الجديدة عقب الشتل.

حـ- معدل النمو الطبيعى للنبات؛ حيث تتعرض النباتات السريعة النمو عند الشتل لأضرار أكبر من تلك التى تتعرض لها النباتات البطيئة النمو (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

٣- لا يفضل - غالبًا - الزراعة بطريقة الشتل عند الرغبة فى إجراء الحصاد آليًا. فمثلاً .. وجد Cooksey وآخرون (١٩٩٤) أن نباتات فلفل البابريكا المشتولة كان حصادها آليًا أصعب من حصاد تلك المزروعة بالبذور مباشرة فى الحقل الدائم؛ لأنها كانت أقوى نموًا، وأكثر تفرعًا، وأقل تركيزًا فى النضج.

تقسيم الخضر حسب قدرتها على تحمل عملية الشتل

يمكن شتل جميع النباتات وهى مازالت فى طور البادرة عقب الإنبات مباشرة، لكن الشتل لا يتم تجاريًّا بهذه الطريقة؛ لأنه لا يحقق المزايا المرجوة منه، بالإضافة إلى صعوبة تداول النباتات وهى فى هذه المرحلة من النمو، كما يمكن شتل جميع النباتات أيضًا إذا كانت نامية فى أوعية خاصة؛ مثل: الأصص الورقية، وأصص البيت موس، وأقراص الجيفى؛ لأنها تكون محتفظة بجذورها كاملة داخل أوعية النمو.

لكن عند الحديث عن تقسيم النباتات حسب تحملها لعملية الشتل، فإننا نعنى بذلك مقدرة الشتلات التى يتراوح عمرها عادة بين ٤، و ١٠ أسابيع، والتى تقلع من المشاتل بدون صلايا - على تحمل عملية الشتل.

وتقسم النباتات تبعًا لذلك إلى ٣ مجاميع كالتالى:

١- نباتات تتحمل الشتل، مثل: الطماطم، والخس، والصليبيات.

٢- نباتات تحتاج إلى عناية خاصة عند شتلها؛ لأنها أقل تحملاً لعملية الشتل؛ مثل: الباذنجان، والفلفل، والبصل، والكرفس.

٣- نباتات لا تتحمل الشتل؛ مثل: البقوليات، والقرعيات، والذرة السكرية.

وتجدر الإشارة إلى أنه يوجد من الخضر ما يتحمل الشتل بصورة جيدة، لكنها لا تشتل أبدًا فى الزراعة التجارية؛ مثال ذلك: البنجر، والجزر.

طبيعة القدرة على تحمل الشتل

يلاحظ أن النباتات التى لا تتحمل الشتل يكون نموها الخضرى كبيرًا بصورة عامة. كما توجد علاقة قوية بين مقدرة النباتات على تحمل الشتل، وبين مقدرتها على تكوين جذور جديدة بعد الشتل؛ فقد تميزت النباتات التى تتحمل الشتل بسرعة أكبر فى تكوين الجذور، لكن ذلك كان محددًا بعاملين؛ أولهما: كمية الغذاء المخزن فى النبات، وهو الذى يستخدم فى بناء أنسجة الجذور الجديدة، وثانيهما عمر النبات؛ حيث يقل معدل تكوين الجذور الجديدة مع تقدم النبات فى العمر.

وقد أرجع النقص فى معدل تكوين الجذور الجديدة مع تقدم النباتات فى العمر إلى حدوث ترسيب لكل من السيوبرين suberin، والكيوتين cutin فى جُدر خلايا البشرة الداخلية (الإندوديرمز) والقشرة، ولأن ذلك يؤدى – كذلك – إلى تقليل امتصاص الماء، وتصبح المنطقة التى يحدث فيها هذا الترسيب غير ذات فائدة فى امتصاص الماء وتوصيله إلى الأوعية الخشبية.

وقد وجد ارتباط بين سرعة ترسيب السيوبرين فى جدر خلايا الجذور وبين مقدرة النباتات على تحمل الشتل، فبينما حدث الترسيب فى أجزاء الجذور التى عمرها ٣ أيام فقط فى الفاصوليا، لم يحدث الترسيب فى جذور نباتات الطماطم والكرنب إلا بعد أن وصل عمر الجذور إلى ٥–٦ أسابيع، ولذلك تأثيره الكبير فى المقدرة على امتصاص الماء.

ففى حالة الفاصوليا حدث الترسيب فى أجزاء الجذور التى عمرها ٣ أيام وهى مازالت نشطة فى الامتصاص، أى فى منطقة الشعيرات الجذرية. أما فى الطماطم والكرنب، فإن أجزاء الجذور التى أصبح عمرها ٥–٦ أسابيع كانت بطبيعتها غير قادرة على امتصاص الماء؛ لأن منطقة الشعيرات الجذرية كانت قد انتقلت بعيدًا عنها؛ أى إن الترسيب لم يكن مؤثرًا على امتصاص الرطوبة (Loomis ١٩٢٥).

مراقد البذور (المشاتل الحقلية)

الشروط التى يجب توافرها فى مراقد البذور الحقلية

يجب أن تتوفر الشروط التالية فى مراقد البذور الحقلية:

١- أن تكون تربتها خصبة لوجود أعداد كبيرة من النباتات التى تستمد غذائها من طبقة من التربة يبلغ عمقها حوالى ٨ سم.

٢- أن تكون خالية من مسببات الأمراض، خاصة تلك التى تعيش فى التربة؛ مثل: النيماتودا، وفطريات وبكتيريا الذبول.

٣- أن تكون خالية من الأملاح الضارة والحشائش.

٤- تفضل الأراضى الطميية الرملية، أو الخفيفة عمومًا، كما تفضل الأراضى العضوية — إن وجدت — لمشاتل الكرفس والخس. ولا تصلح الأراضى الطينية الثقيلة كمراقد للبذور؛ لأنها تصبح صلبة وتتشقق عند جفافها، وتصبح لزجة عندما تكون رطوبتها مرتفعة.

وإذا تطلب الأمر استخدام الأراضى الثقيلة كمراقد للبذور، وجبت تغطية البذور — التى تزرع فى سطور — بخليط من الرمل والسماد البلدى (الحيوانى) القديم المتحلل بنسبة ١:١.

٥- يجب تسميد أرض المشتل جيدًا بالسماد البلدى القديم المتحلل بمعدل ١٥-٢٠م^3/فدان، والأسمدة الكيميائية بمعدل: ١٠-٢٥ كجم N، و ٤٠-٦٠ كجم P_2O_5، و ٢٠ كجم K_2O/فدان مع خلط الأسمدة بتربة المشتل خلطًا جيدًا قبل الزراعة.

ولتحضير السماد البلدى اللازم .. تقام كومة من طبقات التربة والمخلفات الحيوانية بنسبة ٣:١، مع استبدال جزء من التربة بالرمل إذا كانت تربة المشتل ثقيلة. تجهز الكومة قبل الحاجة إليها فى المشتل بسنة كاملة، وترطب من آن لآخر لتشجيع تحلل المادة العضوية، كما يجب — أيضًا — تقليبها من آن لآخر لجعلها تامة التجانس، وتُغربل قبل إضافتها إلى مراقد البذور فى مناخل ذات ثقوب واسعة نسبيًا للعمل على تمام تجانسها، وللتخلص من الأجزاء الكبيرة بالمخلوط.

ومن الضرورى أن يكون السماد البلدى قديمًا وتام التحلل، حتى لا يُحدث أضرارًا بالنباتات من جراء تحلله فى المشتل، وحتى لا يُلوث أرض المشتل ببذور الحشائش وبجراثيم الأمراض التى تكثر بالأسمدة البلدية غير المتحللة، ويؤدى التحلل إلى التخلص منها.

وفى حالة وجود أى شك لاحتمال تلوث السماد البلدى ببذور الحشائش أو جراثيم الأمراض، فإنه يجب الاكتفاء بالأسمدة الكيميائية عند تسميد المشاتل. وينصح — فى هذه الحالة — باستخدام البيت موس المعدل فى ملء سطور الزراعة.

يخلط البيت موس مع الرمل بنسبة ٣ بيت: ١ رمل، ويعدل قبل خلطة بإضافة نحو ٢ كجم كربونات كالسيوم ناعمة، و ٢٠٠ جم سلفات بوتاسيوم، و ٢٠٠ جم سوبر فوسفات أحادى، و ٤٠٠ جم نترات أمونيوم لكل بالة بيت.

زراعة المشاتل الحقلية

تكون زراعة المشاتل الحقلية فى أحواض مساحتها ٢ × ٢، أو ٢ × ٣، أو ٣ × ٣م نثرًا أو فى سطور. وتفضل الزراعة فى سطور عن الزراعة نثرًا؛ وذلك للأسباب التالية:

١- تكون الزراعة فى سطور أكثر انتظامًا.

٢- يسهل على البادرات رفع غطاء التربة وهى معًا فى السطر، مما لو كانت متناثرة بالحوض.

٣- يمكن مكافحة الحشائش بسهولة وبكفاءة أكبر.

٤- تجد النباتات المساحة الكافية للنمو.

٥- تصل أشعة الشمس إلى سطح التربة؛ مما يقلل من حالات الإصابة بالذبول الطرى.

٦- يمكن تقليع الشتلات بسهولة أكبر عند إعدادها للشتل (استينو وآخرون ١٩٦٣).

وتجب مراعاة أن تكون كثافة الزراعة بالقدر المناسب. ويتوقف ذلك على درجة حرارة التربة؛ نظرًا لأن نسبة الإنبات تكون منخفضة نسبيًا في كل من الحرارة المنخفضة والحرارة الشديدة الارتفاع.

هذا .. وتؤدى الزراعة الكثيفة إلى إنتاج شتلات طويلة ورهيفة spindly، فضلاً على زيادة التكاليف بسبب ضرورة إجراء عملية خف للبادرات فى هذه الحالة.

وتفضل أحيانًا زراعة البذور مبعثرة فى خطوط عريضة؛ لإنتاج شتلات جيدة النمو، وسميكة السيقان stocky.

هذا .. ويمكن الحصول على شتلات جيدة عندما تكون كثافة النباتات نحو ٣٠ نباتًا/متر طولى، ولكن جرت العادة على زراعة نحو ٣٠٠-٤٠٠ بذرة/متر طولى، ثم الخف على نحو ٢٠٠ نبات بعد الإنبات.

وعمومًا .. فإن الكيلو جرام الواحد من البذور يزرع - عادة - فى مساحة:

١١٠م٢ بالنسبة للطماطم والفلفل والباذنجان والكرنب والقنبيط.

٢٢٥م٢ بالنسبة للخس.

٣٥٠م٢ بالنسبة للكرفس.

ويتراوح عمق الزراعة المناسبة بين ١ و ٢ سم حسب طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة؛ فتكون الزراعة أعمق فى الأراضى الخفيفة، وفى درجات الحرارة المرتفعة (الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة ١٩٧٣).

ويمكن الاستعانة بجدول (٨-١). فى تحديد المساحة التى يتعين زراعتها من المشاتل الحقلية عند اختلاف كثافة الزراعة فى كل من المشتل والحقل الدائم.

معاملات المشاتل والتقاوى لمكافحة الآفات فى المشاتل الحقلية

نظرًا لكثرة الآفات التى تتعرض لها النباتات فى المشاتل الحقلية، فإنه ينصح باتباع ما يلى:

١- لمقاومة الحشائش المعمرة والسعد يرش الإيناييد ٧٢٪ بمعدل ٤-٥ لترات للفدان على الأرض الناعمة، ثم يقلب جيدًا، وتروى الأرض. ولا تزرع البذور قبل مضى ١-١,٥ شهرًا من المعاملة.

جدول (٨-١): تحديد المساحة التى يجب زراعتها من المشاتل الحقلية على ضوء كثافة الزراعة فى كل من المشتل والحقل الدائم (عن Fordham & Biggs ١٩٨٥).

كثافة الزراعة فى المشتل (عدد النباتات فى المتر المربع)	٢٥٠			٤٠٠			٥٥٠		
عدد النباتات فى كل هكتار من المشتل (بالمليون)[أ]	٢,٥			٤,٠			٥,٥		
نسبة الشتلات الصالحة للاستعمال (٪)	٨٠	٧٠	٦٠	٨٠	٧٠	٦٠	٨٠	٧٠	٦٠
العدد الصالح للاستعمال (بالمليون)	٢,٠	١,٧٥	١,٥	٣,٢	٢,٨	٢,٤	٤,٤	٣,٨٥	٣,٣
المساحة التى يمكن زراعتها (بالهكتار) من هذا العددمن الشتلات عندما تكون كثافة الزراعة فى الحقل الدائم:									
١٧٠٠٠ بالهكتار (٩٠ سم × ٩٠ سم)	١١٨	١٠٣	٨٨	١٨٨	١٦٥	١٤١	٢٥٩	٢٢٦	١٩٤
٢٧٠٠٠بالهكتار (٦٠ سم × ٦٠ سم)	٧٤	٦٥	٥٥	١١٨	١٠٤	٨٩	١٦٣	١٤٣	١٢٢
٤٧٠٠٠ بالهكتار (٤٥ سم × ٤٥ سم)	٤٢,٥	٣٧	٣٢	٦٨	٥٩,٥	٥١	٩٤	٨٢	٧٠
١٠٨٠٠٠بالهكتار (٣٠ سم × ٣٠ سم)	١٨,٥	١٦	١٤	٣٠	٢٦	٢٢	٤١	٣٥,٦	٣٠,٥
٣٢٠٠٠٠ بالهكتار (١٠ سم × ٣٠ سم)	٦,٢٥	٥,٥	٤,٧	١٠	٨,٨	٧,٥	١٣,٧	١٢	١٠,٣

(أ) الهكتار = ١٠٠٠٠م^{٢} = ٢,٣٨ فدانًا.

٢- لمقاومة الحشائش الحولية يرش الإيناييد ٥٠٪ بمعدل ٤ كجم للفدان قبل الزراعة.

٣- لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور يستعمل النيماكور ١٠٪ محببًا، أو فوريدان ١٠٪ محببًا، أو التيمك ١٠٪ محببًا، أو الفايدت ١٠٪ محبب بمعدل ٤٠ كجم للفدان نثرًا على الأرض مع التقليب الجيد، ثم زراعة البذرة، والرى مباشرة.

٤- لمكافحة الآفات الحشرية، مثل: الحفار، أو الدودة القارضة، أو النطاط يستعمل

طعم سام مكون من أندرين ٥٠٪ قابل للبلل بمعدل ١ كجم للفدان، أو أندرين ١٩,٥٪ مستحلب بمعدل ٢,٥ لترًا للفدان مع ٢٥ كجم ردة ناعمة تخلط بنحو ٣٠ لتر ماء، ثم ينثر المخلوط بعد رى المشتل مباشرة.

٥- لمكافحة مرض سقوط البادرات تعامل البذور قبل الزراعة الفيتافاكس والكابتان بمعدل ١,٥ جم لكل كيلو جرام من البذور (الإدارة العامة للتدريب – وزارة الزراعة ١٩٨٣).

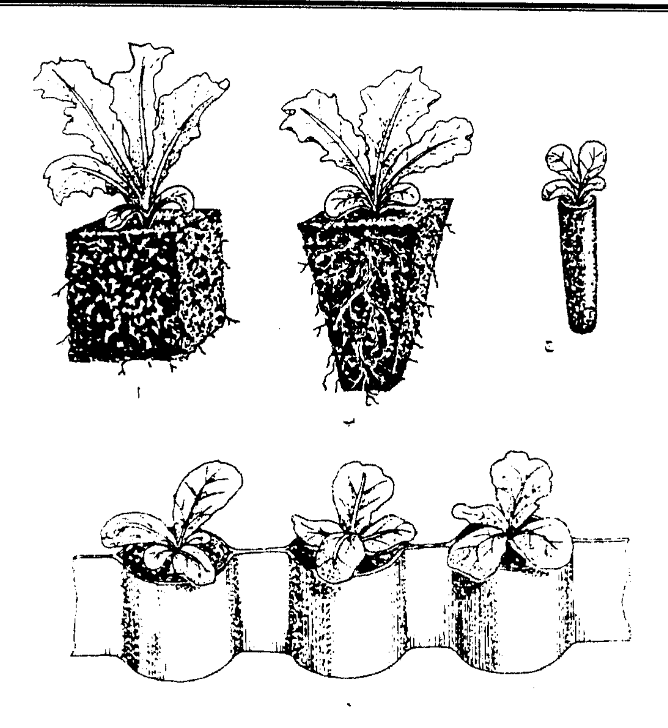
إنتاج شتلات الخضر فى أوعية خاصة بها، وفى بيئات خاصة لنمو الجذور

تستخدم لإنتاج شتلات الخضر كافة الأوعية التى أسلفنا بيانها. تملأ هذه الأوعية ببيئة الزراعة المناسبة، وتنمو فيها الشتلات حتى تصبح جاهزة للشتل.

تنقل الشتلات إلى الحقل الدائم بجذورها كاملة وما حولها من مخلوط التربة؛ وبذلك تكون فرصة نجاح عملية الشتل – وخاصة فى الأراضى الصحراوية – أكبر بكثير مما فى حالة تقليع النباتات من تربة المشاتل الحقلية. كما يمكن بهذه الطريقة شتل النباتات التى لا يمكن شتلها بالطرق العادية؛ مثل القرعيات.

وتجدر الإشارة إلى أن معظم الماء الذى يفقد بالنتح – خلال اليومين الأول والثانى بعد الشتل – يكون من الشتلة ذاتها عندما تكون جذورها عارية، بينما يكون من احتياطى الماء الموجود فى صلية الجذور عندما تكون جذورها بصلايا.

إما إنتاج الشتلات فى صوانٍ (طاولات) الإنتاج السريع للشتلات Speedling trays، فيتم بزراعة بذرة واحدة (فى حالة بذور الهجن المرتفعة الثمن)، أو بذرتين (فى حالة الأصناف العادية) فى كل حفرة بالصينية، على أن تخف على بادرة واحدة بكل حفرة بعد الإنبات. وعند الشتل تقلع الشتلات بسهولة؛ وذلك بجذبها إلى أعلى من قاعدة الساق، فتخرج جذورها كاملة مع صلية من بيئة الزراعة. ويساعد وجود البيت موس فى الخلطة على تماسك كل بيئة الزراعة فى كتلة واحدة (شكل ٨-١).



شكل (٨-١): أمثلة لبعض طرق إنتاج الشتلات: (أ) فى مكعب البيت، (ب) فى آنية الإنتاج السريع للشتلات speedling tray (جـ) تقنية شتلة السدادة Techniculture plug(وهى شبيهة بالـ speedling tray) (د) فى حزام من الأصص الورقية يعرف باسم Bandolier system (عن Fordham & Biggs ١٩٨٥).

ولإنتاج الشتلات فى الأصص الورقية لا يتطلب الأمر أكثر من فرد شريط الأصص فى المكان المخصص لإنتاج الشتلات وملئه ببيئة الزراعة، ثم زراعة البذور بنفس الطريقة السابقة.

ولا يختلف إنتاج الشتلات فى أصص جيفى ٧ Jiffy 7 عن الطريقتين السابقتين؛ فتزرع البذور بعد رص الأقراص وبلها بالطريقة التى سبق شرحها، وتترك النباتات حتى تصل إلى الحجم المناسب للشتل، وتبرز الجذور من خلال الشبكة المحيطة بكتلة البيت.

هذا .. ومن الأهمية بمكان أن توضع أوانى الزراعة أيًّا كانت (أصص جيفى، أم أصص ورقية، أم مكعبات تربة، أم أوانى الإنتاج السريع للشتلات) على شريحة من البوليثيلين؛ لأن ذلك يحقق المزايا التالية:

١- ضمان عدم نمو الجذور فى التربة؛ وبالتالى عدم تقطيعها عند نقلها إلى الحقل.

٢- عدم إصابة النباتات بأى من الآفات التى قد توجد فى التربة؛ مثل فطريات الذبول، وأعفان الجذور، والنيماتودا.

٣- سهولة نقل أعداد كبيرة من الشتلات إلى الحقل؛ لتواجدها على شريحة بلاستيكية واحدة؛ فيمكن بذلك حملها إلى الصوانى (الطاولات) التى تخصص لذلك الغرض.

إنتاج شتلات الخضر على نطاق تجارى واسع

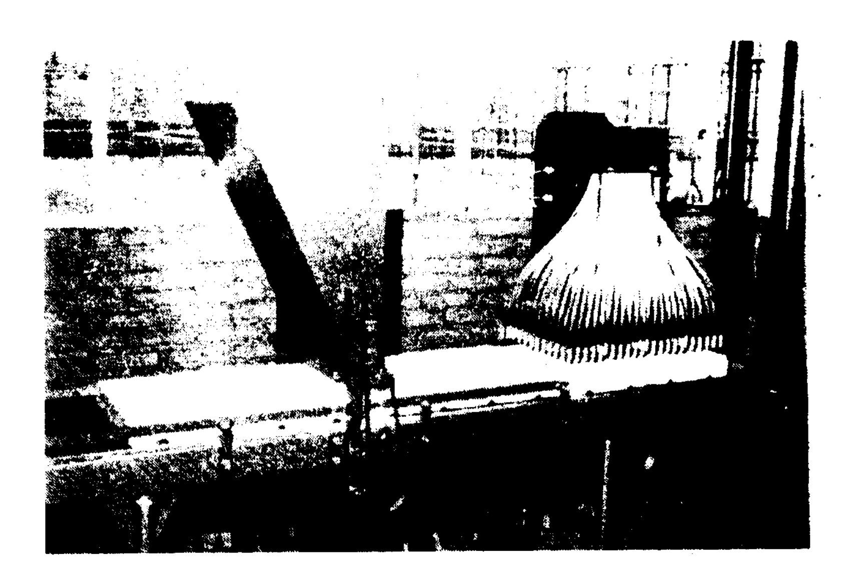
يفضل بعض المزارعين شراء احتياجاتهم من شتلات الخضر من جهات أو شركات ذات خبرة فى هذا المجال. وتقوم هذه الشركات بإنتاج الشتلات بأعداد هائلة تصل إلى مئات الملايين سنويًا حسب تعاقدات سابقة مع المزارعين؛ لتوريد الشتلات فى مواعيد معينة حسب رغبة المزارعين. وعادة ما تكون هذه الشركات فى مناطق تتوفر بها الظروف البيئية المناسبة لإنتاج الشتلات، أو تتوفر لديها إمكانية الزراعة المحمية لإنتاج الشتلات فى غير موسمها.

ففى الولايات المتحدة — مثلاً — تنتج الولايات الجنوبية مئات الملايين من شتلات الخضر الصيفية للزراعة فى الولايات الشمالية بمجرد تحسن الظروف الجوية فى بداية الربيع.

وفى مصر تقوم وزارة الزراعة وبعض الشركات بإنتاج شتلات الخضر لمن يرغب من المزارعين نظير زيادة طفيفة على ثمن التقاوى. ويضمن المزارع بذلك حصوله على شتلات جيدة فى الموعد المناسب له، وخاصة من الأصناف الهجين التى تكون تقاويها مرتفعة

الثمن، ويخشى عليها من الإصابة بمرض سقوط البادرات (الذبول الطرى) الذى قد يقضى عليها فى المشاتل، أو من التعرض للذبابة البيضاء التى تنقل إليها فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم.

ونظرًا لأن الإنتاج التجارى للشتلات يتطلب — عادة — إنتاج ملايين الشتلات خلال فترة زمنية وجيزة — الأمر الذى قد يصعب تحقيقه بالطرق التقليدية — لذا اتجهت الشركات الكبيرة نحو ميكنة عملية ملء أوعية نمو النباتات ببيئات الزراعة وزراعتها. ويستخدم لذلك قرص متصل بجهاز تفريغ، وبه ثقوب أصغر قليلاً من حجم البذور، وعلى الأبعاد المرغوبة للزراعة. يوضع القرص على البذور، وبتشغيل جهاز التفريغ تتعلق بذرة بكل ثقب. وعند وضع القرص على سطح آنية الزراعة وإيقاف التفريغ، تسقط البذور على سطح المهاد؛ حيث تُغَطَّى بعد ذلك بالقليل من بيئة الزراعة. كما يوضح شكل (٨-٢) آلة أكثر كفاءة تقوم بتوزيع البذور على أماكنها فى طاولات الزراعة مباشرة.



شكل (٨-٢) آلة تقوم بتعبئة طاولات الزراعة وتوزيع البذور على العيون مباشرة.

صوبات إنتاج الشتلات

تغطى صوبات إنتاج الشتلات شتاءً بالبلاستيك للمساعدة فى تدفئتها، وصيفًا بالشباك التى توفر ٧٣٪-٧٥٪ تظليل. كما يستخدم السيران antivus net لمنع وصول الحشرات. يتعين إحكام الغطاء جيدًا، مع استعمال أبواب مزدوجة لمنع وصول الحشرات.

ويتعين على العاملين بصوبات إنتاج الشتلات الامتناع التام عن التدخين لمنع نقل فيرس موزايك التبغ للنباتات، وغسيل أياديهم بأى محلول مطهر قبل العمل بالصوبة.

تقام حاملات لصوانى الشتلات فى صفوف بينها ممرات كافية للحركة، وعلى أن يتسع عرض الحاملات لثلاث صوانى على الأقل، وأن ترفع عن سطح الأرض بمسافة ٨٠-١٠٠ سم. تصنع الحاملات من الحديد غالبًا ويكون سطحها مفرغًا أو مغطى بشبكة من السلك القوى. كذلك يجب ترك مسافة بين الحوامل وجوانب الصوبة التى ترتفع حرارتها.

ويتم نقل الصوانى إلى الصوبة وخارجها بحامل صوانى متعدد الأرفف. ولا تنقل الصوانى إلى الصوبات إلا بعد اكتمال إنبات بذورها.

نظم إنتاج الشتلات فى الصوبات على النطاق التجارى

عند إنتاج الشتلات فى الصوبات على نطاق تجارى فإنها توزع بأحد نظامين، هما: نظام القضبان rail (أو الحوامل racks) ونظام الطفو float، كما يأتى تفصيله.

نظام القضبان أو الحوامل

يتم فى نظام القضبان rail system عمل توزيع دقيق لقضبان ألومونيومية على شكل حرف T لترتكز عليها الأوعية (الصوانى trays أو الـ flats)، على كل من جانبيها. ويُشار لهذا النظام — عادة — باسم speedling system، وفيه توجد بالأوعية ثقوب فى قاعها، وتروى وتسمد من أعلى بالرش (شكل ٨-٣، يوجد فى آخر الكتاب).

ومن بين تحويرات هذا النظام عمل مناضد يمكن أن ترتكز عليها الأوعية على

ارتفاعات مختلفة، وأخرى متحركة يمكن معها الاكتفاء بممر واحد بين البنشات التى يأتى عليها الدور فى الخدمة.

نظام الطفو

تم منذ أواخر الثمانينيات تطوير نظام جديد لرى مشاتل الخضر المحمية — من خلال طريقة وضع صوانى الشتلة فى الصوبة — عرف بنظام الجزر والمد أو الانحسار والتدفق Ebb and Flow System، وفيه يُعاد استخدام مياه الرى؛ مما يُسهم فى توفير الماء.

وتبعًا لهذا النظام فإن صوانى الشتلة توضع على أسلاك شبكية تثبت على مسافة ٢٠ سم فوق مستوى أرضية من الخرسانة. ويتم الرى كل ٢-٣ أيام برفع الماء إلى مستوى صوانى الزراعة لمدة ١٥-٤٥ دقيقة، ثم يُعاد مستوى الماء إلى ما كان عليه أو يخزن فى "تانك" لهذا الغرض.

وإلى جانب التوفير فى الماء .. فإن هذا النظام يوفر كذلك فى استعمال الأسمدة التى تُفقد فى ماء الصرف عند إجراء الرى بالطرق المألوفة، كما يوفر استعمال المبيدات التى لا تغسل من على النباتات؛ مثلما يحدث عند الرى بالرش أو الرذاذ.

يتم فى نظام الطفو float system تعبئة صوانى بوليسترين (استيروفوم) ببيئة الزراعة، ثم زراعتها وريها وتركها فى مكان دافئ لحين إنبات البذور. حينئذٍ توضع الصوانى فى مستودع مائى، حيث تطفو، ويكون طفوها فى الماء بصورة دائمة أو متقطعة لحين جهازيتها للشتل. يذاب سماد فى الماء، حيث يمكن للنباتات أن تحصل على الماء والعناصر أثناء طفو الصوانى. يتميز هذا النظام بقلة احتياجه للعمالة والإدارة فى الرى والتسميد، كما أن النموات الخضرية لا تبتل فى أثناء ريها؛ مما يقلل من فرصة إصابتها بالأمراض. هذا .. إلا إنه إذا تلوث ماء المستودع بمسببات الأمراض فإن انتشار الأمراض قد يصعب التحكم فيه.

وكما أسلفنا .. فإن نظام الطفو قد يكون متقطعًا (ويطلق عليه أحيانًا اسم ebb

and flow system) أو مستمرًا. وتكون التكلفة الإنشائية وتكلفة التشغيل أعلى فى النظام المتقطع، وفيه يضخ الماء فى المستودع إلى أن تطفو الصوانى وتترك لفترة قصيرة تحصل خلالها على حاجتها من ماء الرى. ويلى ذلك صرف الماء أو ضخه خارج المستودع إلى خزان جانبى. هذا بينما يبقى الماء فى المستودع طول الوقت فى نظام الطفو الدائم.

وقد أوصى Leskovar وآخرون (١٩٩٤) باتباع هذا النظام فى رى الطماطم، شريطة عدم الإفراط فى تقسية النباتات — بتعريضها لشدٍّ رطوبى عال — قبل الشتل.

واستخدم نظام الطفو فى إنتاج شتلات معظم الخضر بنجاح، إلا إنه لا يناسب إنتاج شتلات البطيخ اللابذرى نظرًا لأن بذوره يجب استنباتها فى بيئة رطبة وليست مبتلة. وعلى الرغم من أن شتلات الخضر يكون إنتاجها أسرع فى هذا النظام، فإنها لا تكون بنفس كفاءة الشتلات المنتجة بالطرق التقليدية عقب شتلها. ويبدو أن الطفو المتقطع هو الأفضل لإنتاج الشتلات (George & Granberry ٢٠٠٨).

درجات الحرارة المناسبة لإنتاج شتلات الخضر

يجب أن تتوفر لشتلات الخضر درجات الحرارة المناسبة لنموها، كما هو مبين فى جدول (٨-٢)؛ لأن درجات الحرارة الشديدة الانخفاض تؤدى إلى بطء شديد فى الإنبات والنمو، وقد تتهيأ بعض النباتات ذات الحولين للإزهار المبكر إذا تعرضت لدرجات الحرارة المنخفضة. هذا .. بالإضافة إلى أن الحرارة المنخفضة تضر كل الخضر الصيفية الحساسة للبرودة. أما الحرارة المرتفعة، فإنها تؤدى إلى إنتاج شتلات رفيعة وطويلة ورهيفة spindly.

ويمكن القول — إجمالاً — إن خضر الجو البارد تلزمها حرارة قدرها ١٦-١٨ْم نهارًا، و ١٠-١٣ْم ليلاً. أما خضر الجو الدافئ، فتلزمها حرارة أعلى من ذلك بنحو خمس درجات مئوية.

جدول (٨-٢): ظروف إنبات مختلف محاصيل الخضر لغرض إنتاج الشتلات.

المحصول	الحرارة المثلى للإنبات (°م)	المجال الحرارى الملائمة نهارًا (°م)	الحد الأدنى لحرارة الليل (°م)	عدد الأيام حتى تمام الإنبات
الأسبرجس	٢٤	—	—	١٠-٢١
البروكولى	٢٠-٣٠	١٨-٢١	١٦	٥-١٠
كرنب بروكسل	٢٠-٣٠	—	—	٥-١٠
الكرنب	٢٩	١٨	١٦	٥-١٠
الكرنب الصينى	٢٩	—	—	٣-٧
القنبيط	٢٧	١٨-٢١	١٦	٥-١٠
الكرفس	٢١	١٨-٢١	١٦	١٠-٢١
الكولارد	٢٠-٣٠	—	—	٣-١٠
الخيار	٢٠-٣٠	٢١-٢٤	١٨	٣-٧
الداندليون	٢٠-٣٠	—	—	٧-٢١
الباذنجان	٢٩	٢١-٢٩	١٨	٧-١٤
الهندباء	٢٠-٣٠	٢١-٢٤	٢١	٥-١٤
الكيل	٢٠-٣٠	—	—	٣-١٠
الكرات	٢٠	—	—	٦-١٤
الخس	٢٤	١٦-٢١	٤	٧
البامية	٢٠-٣٠	—	—	٥-١٤
الباك شوى	٢٠-٣٠	—	—	٣-٧
البقدونس	٢٤	—	—	١١-٢٨
الكسبرة	٢١	—	—	١٠
الشبت	١٦	—	—	١٠
الفلفل	٢٩	٢١-٢٤	١٦	٦-١٤
الكوسة	٢٧-٣٢	٢١-٢٤	١٨	٤-٧
الطماطم	٢٩	١٨-٢٤	١٦	٥-١٤
الشيف	١٦	—	—	١٠
الفينوكيا	١٨	—	—	١٠
البطاطا (إنتاج شتلات من الجذور)	٢٥	٢٤-٢٩	—	١٤-٢١
البطيخ	٣٢	٢٧-٣٥	١٦	٤-٧
الكنتالوب	٣٢	٢٧-٣٥	١٦	٢-٤

عمليات خدمة ورعاية المشاتل

حتى يمكن الحصول على شتلات قوية النمو، خالية من الأمراض يجب توفير الرعاية التالية للمشاتل:

١- تجب مكافحة الأمراض والحشرات والحشائش جيدًا من بداية الإنبات.

٢- يجب تجنب محاولة دفع النباتات إلى النمو السريع غير الطبيعى عن طريق التسميد الغزير، أو برفع درجة الحرارة.

٣- يعتبر الخف عملية ضرورية لمنع تزاحم النباتات. وتتراوح المسافة التى تترك – عادة – بين النباتات من ١/٢ سم على أقل تقدير إلى ٣ سم، وهى المسافة المفضلة.

٤- يجب توفير درجة الحرارة المناسبة لنمو الشتلات بزراعتها فى المراقد المدفأة، أو الباردة، أو فى الصوبات، أو تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة ... إلخ.

٥- يجب توفير التهوية الكافية للنباتات عند إنتاجها فى الصوبات، أو فى المراقد المدفأة أو الباردة، أو تحت الأنفاق البلاستيكية. وتزداد الحاجة إلى التهوية بازدياد عمر النبات، وبارتفاع درجة الحرارة.

٦- الرى:

تجب العناية بالرى قبل ظهور البادرات؛ حتى لا تجرف البذور مع ماء الرى، أو تتعجن التربة. ويجب تجنب جفاف مراقد البذور فى أى وقت، أو زيادة رطوبتها إلى درجة التشبع إلا فى حالات خاصة، كما فى الكرفس؛ فالرطوبة يجب أن تظل دائمًا فى المجال الملائم.

ويلاحظ أن بقاء سطح التربة رطبًا بصفة دائمة يشجع على الإصابة بمرض الذبول الطرى (سقوط البادرات)؛ وعليه .. فإنه يلزم بعد ظهور البادرات فوق سطح التربة – أن ينظم الرى بحيث يكون غزيرًا، ثم تترك المراقد دون رى إلى أن يبدأ ظهور أعراض الحاجة إلى الرى على البادرات.

تزداد الحاجة إلى الرى بطبيعة الحال فى الأيام الحارة أو الصافية، عنها فى الأيام الباردة، أو الأيام الملبدة بالغيوم. ويحسن عدم رى المشاتل فى الأيام الملبدة بالغيوم إلا عند الضرورة.

ويفضل رى المشاتل فى الصباح؛ لأن الرى وقت الظهيرة يزيد من فرصة الإصابة بلفحة الشمس sunscald. وفى حالة الرى فى المساء .. ربما لا تجف النباتات قبل حلول الليل، كما يعمل الرى فى هذا الوقت على خفض درجة حرارة أرض مرقد البذور، بينما من مزايا الرى المبكر إعطاء الفرصة لأن ترتفع درجة حرارة أرض المرقد بفعل حرارة وسط النهار، وقبل أن يحل المساء.

هذا .. ويجب رى المراقد رية غزيرة قبل إجراء عملية الشتل؛ حتى يمكن تقليعها بسهولة مع كمية كبيرة من التربة عالقة بها.

وينبغى توفر شروط معينة فى ماء رى الشتلات، كما هو مبين فى جدول (٨-٣).

جدول (٨-٣): المدى المناسب من مختلف مكونات وخصائص ماء رى الشتلات بدون إضافات الأسمدة (عن Boyhan & Granberry ٢٠٠٣).

المكون أو الخصائص	المدى	المكون أو الخصائص	المدى
الكبريتات (SO_4)	< ٥٠ جزء فى المليون	النترات (NO_3)	< ٥,٠ أجزاء فى المليون
الفوسفور (P)	٠,٠٠٥-٥ أجزاء فى المليون	النحاس (Cu)	< ٠,٢ جزء فى المليون
البوتاسيوم (K)	٠,٥-١٠ أجزء فى المليون	الصوديوم (Na)	< ٥٠ جزء فى المليون
الكالسيوم (Ca)	٤٠-١٠٠ أجزاء فى المليون	الألومنيوم (Al)	< ٥,٠ أجزاء فى المليون
المغنسيوم (Mg)	٣٠-٥٠ جزء فى المليون	الموليبدنم (Mo)	< ٠,٠٢ جزء فى المليون
المنجنيز (Mn)	٠,٥-٢ جزء فى المليون	الكلوريد (Cl)	١٠٠-١٥٠ جزء فى المليون
الحديد (Fe)	٢-٥ أجزاء فى المليون	الفلوريد (F)	< ٠,٧٥ جزء فى المليون
البورون (B)	< ٠,٥ جزء فى المليون	التوصيل الكهربائى (EC)	< ٠,٧٥ مللى موز/سم
الزنك (Zn)	١-٥ أجزاء فى المليون	القلوية	٠,٧٥-١,٣ مللى مكافئ/لتر
العُسر	١٠٠-١٥٠ مجم كربونات كالسيوم/لتر	SAR	٢ مللى مكافئ/لتر

ملحوظات: < تعنى أقل من . إذا ازداد عُسر الماء عن ١٥٠ مجم كربونات كالسيوم/لترفإن زيادة تواجد الحديد عن ٠,٣ جزء فى المليون يمكن أن تتسبب فى حدوث مشاكل.كل مللى مكافئ واحد كربونات كالسيوم/لتر: ٥٠ مجم كربونات كالسيوم/لتر، وكل مجم/لتر = جزء واحد فى المليون. SAR هى نسبة ادمصاص الصوديوم Sodium adsorption ratio وإذا زاد الصوديوم Na عن ٤٠ جزءًا فى المليون فإن SARتكون أعلى من ٢,٠٪ بما يعنى ضعف تيسر الكالسيوم والمغنيسيوم.

٧- التسميد:

يمكن تسميد المراقد أثناء إعدادها للزراعة كما سبق بيانه، كما يمكن — عند الحاجة — إضافة الأسمدة بعد الإنبات نثرًا، أو مع ماء الرى.

٨- إجراء عملية التقسية hardening قبل الشتل بنحو ٧-١٠ أيام (حسب فترة بقاء النباتات فى المشتل)؛ وذلك بتقليل الرى والتسميد الآزوتى، وتعريض النباتات لظروف الحقول المكشوفة بتخفيض التدفئة أو التظليل تدريجيًّا (Thompson & Kelly ١٩٥٧).

عدوى الشتلات بفطريات الميكوريزا

تستفيد الشتلات — كما فى النباتات البالغة — من وجود فطريات الميكوريزا Mycorhiza حول جذورها، التى توفر للنباتات قسطًا كبيرًا من احتياجاتها من العناصر الغذائية، وخاصة تلك التى لا تتحرك فى التربة؛ مثل الفوسفور والزنك.

وقد وجد Waterer & Coltman (١٩٨٨) أن زيادة التسميد الفوسفاتى لشتلات الطماطم والبصل التى تمت عدواها بفطر الميكوريزا *Glomus aggregatum* أدت إلى زيادة الوزن الرطب للنباتات ومستوى الفوسفور فى النموات الخضرية، ولكنها أضعفت اتصال الفطر بالجذور (إصابته لها). إلا أن تكرار التسميد بمستوى منخفض من الفوسفور أنتج شتلات أقوى نموًّا ومصابة جيدًا بفطر الميكوريزا، الذى ينتقل مع الشتلات إلى الحقل.

تسميد الشتلات

تعد التغذية هى العامل الرئيسى المحدد لمدى نمو الشتلات ولونها ومظهرها العام وكافة الصفات التى تجعل منها شتلات مناسبة للشتل. ولقد استعرض Dufault (١٩٩٨) مختلف جوانب هذا الموضوع وتبين أن غالبية الدراسات التى أجريت حول هذا الموضوع تناولت التسميد الآزوتى، وأنها أوصت — فى غالبيتها — بالتسميد بمستويات عالية نسبيًّا من هذا العنصر فى المحاليل المغذية، ليس فقط لإنتاج شتلات جيدة، لكن كذلك لزيادة كل من المحصول المبكر والكلى. أجريت ٣٣٪ من تلك الدراسات على الطماطم، و ١٧٪ على الكرفس، و ١٣٪ على الفلفل، و ١١٪ على الخس، و ٧٪ على البروكولى، و

٤٪ على كل من الأسبرجس والقنبيط والبطيخ، و ٢٪ على كل من الكرنب والكنتالوب والبصل. وبرغم تنوع مصادر النيتروجين التى استخدمت فإن معظم توصيات مصادر النيتروجين ونسبتها كانت ٢ : ١ : ٢ من كل من النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى إلى اليوريا، على التوالى. وعبر جميع المحاصيل التى دُرست فإن ٤٠٪ من الدراسات أوصت بأن يكون تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى > ٣٠٠ وحتى ٤٠٠ جزءًا فى المليون، وأوصت ٢٣٪ منها بتركيز > ٢٠٠ وحتى ٣٠٠ جزء فى المليون، و ١٧٪ بتركيز > ١٠٠ وحتى ٢٠٠ جزء فى المليون، و ١٠٪ بتركيز إما > ٥٠ إلى ١٠٠ جزء فى المليون، وإما صفر حتى ٥٠ جزء فى المليون. وبالرجوع لهذا المصدر يمكن الحصول على مزيد من التفاصيل الخاصة بدراسات كل محصول على حدة.

فرتجة الشتلات مع ماء الرى بالرش

إذا أجرى التسميد مع كل رية فإن تركيزالنيتروجين يجب أن يبدأ بنحو ٠,٣-٠,٥ جزءًا فى المليون (٣-٥ جم/١٠٠ لتر) مع تعديله حسب الحاجة. يُستخدم التركيز الأعلى للطماطم والفلفل والخضر الكرنبية، بينما يُستخدم التركيز المنخفض للقرعيات. وتُستخدم التركيزات العالية فى الحرارة العالية، بينما تستخدم التركيزات المنخفضة فى الجو البارد. ويجب تذكر أن احتياجات التسميد تتباين كثيًر بحسب المحصول وظروف النمو. وإذا ما زاد التركيز عن ٥٠ جزء فى المليون وكان التسميد يوميًا، فإنه يكون زائدًا. هذا .. إلا أن التركيز المستخدم من النيتروجين تجب زيادته إن كان التسميد ٢-٣ مرات أسبوعيًا . وإذا أجرى التسميد مرة واحدة أسبوعيًا فإن تركيز النيتروجين يجب أن يكون فى حدود ٢٥٠-٣٠٠ جزء فى المليون.

ويؤدى التسميد الزائد إلى إنتاج شتلات رهيفة، كما أن المحاليل المغذية الزائدة التركيز غالبًا ما تتسبب فى تسمم النبات وحرق نمواتها الخضرية والإضرار بجذورها. وإذا حدث واستخدم تركيز عالٍ بطريق الخطأ فإنه يتعين غسيل المحلول السمادى فى الحال بالرى بالماء فقط إلى أن يزول المحلول السمادى من النموات الخضرية وبيئة الزراعة.

الفرتجةتحت السطحية فى نظام الطفو

عندما يكون نظام الطفو متقطعًا فإن تركيز النيتروجين فى الماء يجب أن يتراوح بين ٣٠، و ٤٥ جزءًا فى المليون باعتبار أن الطفو يكون مرة واحدة يوميًا لمدة ٣٠ دقيقة ؛ فذلك يعطى أفضل شتلات (George & Granberry ٢٠٠٨).

أقلمة أو تقسية الشتلات

الأقلمة Acclimation أو التقسية Hardening هى عملية يُراد منها تهيئة الشتلات لتحمل الظروف البيئية غير المناسبة بعد الشتل؛ كدرجات الحرارة المرتفعة، أو المنخفضة، أو الرياح الجافة، أو نقص الرطوبة الأرضية، أو الأضرار التى قد تتعرض لها النباتات أثناء عملية الشتل. وهى قد تكون أقلمة للحرارة المنخفضة Cold Acclimation، أو للحرارة العالية Heat Acclimation ... إلخ.

وبالنسبة لنباتات الجو البارد التى تتحمل البرودة بطبيعتها، فإن الأقلمة تجعلها أكثر تحملاً للبرودة، وبمعدل يتناسب مع مقدار النقص فى نموها نتيجة لعملية الأقلمة. أما بالنسبة لنباتات الموسم الدافئ، فإنها لا تكتسب سوى قدر ضئيل من التأقلم ضد البرودة. ولكن كلا النوعين من النباتات يختزن فى أنسجته المواد الكربوهيدراتية التى تساعده على تكوين جذور جديدة بعد الشتل.

طرق الأقلمة

تعتمد كل طرق الأقلمة على تعريض النباتات لظروف تؤدى إلى تقليل معدل النمو الخضرى، وزيادة المخزون النباتى من المواد الكربوهيدراتية. وتختلف طرق الأقلمة التى يمكن اتباعها حسب نوع المشتل والوسائل المتبعة لحماية الشتلات. ويمكن إجمال أنواع المشاتل فيما يلى:

١- المشاتل الحقلية المكشوفة.

٢- المشاتل الحقلية المظللة.

٣- المشاتل المحمية فى الصوبات البلاستيكية أو الزجاجية.

٤- المراقد المدفأة ومشاتل الأنفاق البلاستيكية المنخفضة.

ويستخدم مع كل نوع من المشاتل ما يناسبه من طرق الأقلمة التالية:

١- تقليل مياه الرى

يتم ذلك بطريقة تدريجية؛ بتقليل الكمية التى تعطى فى الرية الواحدة مع زيادة الفترة بين الريات، لكن يجب ألاّ تترك النباتات دون رى إلى أن تذبل وتجف. وقد وجد Brown وآخرون (١٩٩٢) أن نقص الرطوبة الأرضية جعل شتلات الطماطم أقصر، أو مساوية فى الطول لتلك التى رشّت مرتين بالآلار بتركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون، ولكن الوزن الجاف للشتلات فى حالة معاملة التعرض للشدّ الرطوبى كان أقل منه فى معاملة الرش بالآلار.

هذا .. ويؤدى تعريض البادرات لشدٍّ رطوبى فى المشتل إلى إحداث عدة تغيرات فسيولوجية من أبرزها وقف نمو الأوراق قبل أن يتأثر معدل البناء الضوئى أو التنفس فيها؛ مما يؤدى إلى تراكم المادة الجافة بالأوراق والسيقان. هذا .. إلاّ أن الشدَّ الرطوبى الزائد يترتب عليه تقزم النمو وضعف قدرة الشتلات على استعادة نموها بعد الشتل. لذا .. فإن معاملة الأقلمة بالتعريض للشدِّ الرطوبى يجب أن تكون فى الحدود التى تعطى التأثير المرغوب فيه دون مبالغة (Lyptay وآخرون ١٩٩٨).

ويجب إلاّ يغيب عن الذهن أن النمو الخضرى يؤثر فى النمو الجذرى من خلال إمدادات الغذاء اللازم للنمو، كما أن النمو الجذرى يؤثر فى النمو الخضرى من خلال إمدادات الماء والعناصر. ولذا .. فإن التوازن بين النموين الخضرى والجذرى يعد ضروريًا للنمو النباتى الجيد بعد الشتل. وقد تناولت Nicola (١٩٩٨) الدور الهام الذى يلعبه النمو الجذرى للشتلات.

٢- التحكم فى مستويات التسميد

يفيد فى أقلمة الشتلات خفض معدلات التسميد الآزوتى، مع زيادة التسميد الفوسفاتى لتحفيز النمو الجذرى وذلك قبل الشتل بنحو ٣-٥ أيام (Marr ١٩٩٤).

إن خفض كميات العناصر السمادية المتاحة لامتصاص النباتات فى المشاتل يعد — حاليًا — أكثر الطرق شيوعًا للحد من النمو النباتى؛ بهدف زيادة قدرة النباتات على تحمل الشتل، وخاصة بعد حظر استخدام الآلار ٨٥ لهذا الغرض، بعد اكتشاف تأثيره فى الإصابة بالسرطان. هذا إلا أن الشتلات التى تتعرض لتلك المعاملة يكون استعادتها لنموها بطيئًا بعد الشتل — حتى لو توفر لها النيتروجين بكميات كافية بعد الشتل مباشرة — الأمر الذى يترتب عليه نقص المحصول المبكر.

وقد شاع منذ منتصف الثمانينيات إخضاع الشتلات لما جرى العرف على تسميته بالتكيف الغذائى للبادرات قبل الشتل Pretransplant Nutritional Conditioning؛ حيث تُسمَّد النباتات فى المشاتل المحمية بنظام محكم يجعلها تستعيد نموها سريعًا بعد الشتل فى الحقل؛ فلا يتأثر المحصول المبكر. وقد جُرب ذلك بنجاح فى عديد من محاصيل الخضر؛ منها الكرفس، والبروكولى، والخس، والطماطم، والقاوون؛ حيث تعطى المشاتل مستويات عالية — لكنها متوازنة — من كل من النيتروجين والفوسفور، والبوتاسيوم.

وقد وجد Schultheis & Dufault (١٩٩٤) أن صدمة الشتل تزداد بزيادة التسميد الآزوتى فى المشتل، ولكن هذا التأثير يقل مع تقدم النمو النباتى فى الحقل؛ حيث لم يكن لمستوى التسميد الآزوتى فى المشتل أية تأثيرات على المحصول المبكر أو الكلى أو صفات الجودة فى الثمار؛ ولذا .. أوْصَى الباحثان بتسميد مشاتل البطيخ بمستوى منخفض من النيتروجين (٢٥ مجم/لتر) والفوسفور (٥ مجم/لتر)؛ حيث يؤدى ذلك إلى التحكم فى النمو النباتى وإنتاج نباتات قوية تتحمل التداول، دون أن يؤثر ذلك على المحصول ونوعية الثمار.

كما وجد Hunt وآخرون (١٩٩٤) أن تفضيل حشرة خنفساء كلورادو للتغذية على بادرات الطماطم تناسب طرديًّا مع مستوى النيتروجين فى أوراقها، ولكن تركيز الفوسفور والبوتاسيوم لم يكن له أية تأثيرات. وأوضح الباحثون أن تقسية النباتات لمدة خمسة أيام قبل شتلها فى الحقل قلل من إقبال تغذية خنفساء كلورادو عليها بعد الشتل. وكانت دراسات سابقة قد أوضحت ارتباط شدة الإصابة بالحشرة طرديًّا مع التسميد الآزوتى أو مستوى الآزوت فى النموات الخضرية لكل من الطماطم والبطاطس.

وبالمقارنة .. وجد Weston & Zandstra (١٩٨٩) أن مستويات التسميد الآزوتي المتوسطة والمرتفعة لشتلات الطماطم المنتجة في الصوبات أعطت محصولاً مبكرًا عاليًا عند زراعتها في الحقل، ولكن لم يكن للنيتروجين أو الفوسفور المضاف عند إنتاج الشتلة تأثير على المحصول الكلي في الحقل.

٣- تعريض النباتات لدرجات حرارة منخفضة

يتم ذلك — أيضًا — بصورة تدريجية، فتُعرَّض النباتات لدرجات حرارة أقل من الدرجة المثلى للنمو. وتجدر ملاحظة أن النباتات تفقد في اليوم الدافئ ما تكون قد اكتسبته من أقلمة في يوم بارد.

ويجب عدم تعريض النباتات لدرجات حرارة شديدة الانخفاض، أو تعريضها للحرارة المنخفضة لمدة طويلة، وخاصة في حالة النباتات ذات الحولين؛ لأن هذه المعاملة تهيئها للإزهار، وتعرضها للإزهار المبكر، فتفقد قيمتها التجارية.

ويتم خفض الحرارة بتقليل التدفئة مع زيادة التهوية في الصوبات أو في المراقد المدفأة، أو بنقل النباتات إلى مراقد غير مدفأة.

وإذا كان من الممكن التحكم في درجة الحرارة ومعدلات الري يكون من المفضل أقلمة مختلف محاصيل الخضر بتعريضها لحرارة منخفضة لفترة محدودة، مع تقليل الري، كما يلي (Marr ١٩٩٤):

المحصول	حرارة الأقلمة (°م)	فترة الأقلمة (يوم)
الصليبيات	٧-١٣	٧-١٠
الخس	٧-١٣	٧ مع تقليل الري
الفلفل	١٦-١٨	٧ مع تقليل الري
الطماطم	١٦-١٨	٧ مع تقليل الري
الباذنجان	١٨-٢١	٧ مع تقليل الري
الكنتالوب - الخيار - الكوسة - البطيخ	—	٥ مع تقليل الري

وقد وجد أن بادرات الطماطم المنتجة فى شتالات صغيرة العيون وكثيرة العدد تكون رهيفة وذات سيقان طويلة وضعيفة ويمكن أن تضار بسهولة جراء عمليات التداول. كما قد تموت بعد شتلها فى الحقل، وتبين أن رى الشتلات رشًا بماء حرارته ٥°م كل يوم أو يومين فى أى وقت من اليوم – مقارنة بالرى بماء حرارته ١٠°م أو ١٥°م – يؤدى إلى إنتاج شتلات قوية ذات سيقان أقصر وأقوى؛ يزداد فيها الوزن الجاف للمجموعين الجذرى والخضرى، ويزداد بأوراقها تركيز الكلوروفيل (Sun وآخرون ٢٠١٠).

ومما تجدر ملاحظته أن التعريض للبرودة ليس ضروريًا، وأن أية معاملة تؤدى إلى إيقاف النمو يمكن أن تفى بالغرض. وهو أمر يمكن تحقيقه بتقليل الرى؛ وعليه فإن نقل النباتات من الصوبة أو من المراقد المدفأة ليس أمرًا ضروريًا إلا عند الحاجة إلى المساحات التى تشغلها النباتات لأغراض أخرى.

٤– تقطيع جذور الشتلات وهى فى المشتل

يصعب فى المراقد الحقلية المكشوفة التحكم فى الرطوبة الأرضية فى المواسم المطرة. وفى هذه الحالات يمكن تقليل امتصاص النباتات للرطوبة برفعها قليلاً بشوكة أو بتقطيع جذورها من الجانبين بإمرار نصل حاد فى التربة على بعد نحو ٣ سم من خط النبات. ويحسن تقطيع الجذور من أحد الجانبين أولًا، ثم بعد نحو ٣ أيام من الجانب الآخر.

٥– تعريض النباتات المظللة لضوء الشمس المباشر وهى فى المشتل

فى حالة المراقد الحقلية المظللة تجرى الأقلمة بتعريض النباتات لضوء الشمس المباشر بصورة تدريجية برفع شباك التظليل، وزيادة المساحة غير المظللة من المشتل تدريجيًا.

يجب أن تجرى جميع طرق الأقلمة بصورة تدريجية، وإلا انتفى الغرض منها، وهو عدم تعريض البادرات الرهيفة لتغير مفاجئ يقضى عليها.

كما يجب ألا تزيد فترة الأقلمة على ٧–١٠ أيام، نظرًا لأن زيادتها على ذلك تجعل النباتات بطيئة فى استعادة نموها الطبيعى بعد الشتل. وفى حالة الطماطم تؤدى المغالاة فى الأقلمة إلى تقليل المحصول المبكر. وعمومًا .. يفضل أن يظل معدل النمو معتدلاً طوال

فترة إنتاج الشتلة عن جعله سريعًا فى البداية، ثم إيقاف النمو فجأة بمعاملات أقلمة شديدة.

هذا .. وتتبع طرق الأقلمة أيضًا عند الرغبة فى وقف نمو الشتلات لأى سبب كان؛ كأن تكون قد كبرت فى الحجم، وأصبحت صالحة للشتل قبل أن يُعَدَّ الحقلُ للزراعة، أو كأن يكون الجو مازال باردًا خارج البيوت المحمية أو المراقد المدفأة بدرجة لا يمكن معها شتل النباتات.

رش الشتلات بالمحاليل السكرية كبديل للأقلمة

يمكن لأوراق وسيقان نباتات الطماطم أن تمتص السكروز من خلال أنسجة البشرة السليمة إذا رشت النباتات بمحلول مخفف من السكروز. وقد أوضحت دراسات Smith & Zink (١٩٥١) أن نباتات الطماطم المؤقلمة جزئيًّا أو غير المؤقلمة كانت قادرة على امتصاص وتخزين واستعمال السكروز عند رش الأوراق بمحلول مائى من السكروز، كما كانت النباتات المعاملة بهذه الطريقة أكثر قدرة على تحمل صدمة الشتل، وأكثر مقدرة على تحمل الظروف التى تزيد من استهلاك المواد الكربوهيدراتية (كتخزين الشتلات مدة ٥٠ ساعة فى الظلام، أو تعريضها لدرجات حرارة مرتفعة). أما النباتات المؤقلمة جيدًا، فلم يكن للرش بالسكروز تأثير عليها.

كما أوضحت دراسات Levitt (١٩٥٩) أن رش نباتات الكرنب بالسكريات السداسية والخماسية أدى إلى أقلمة النباتات وتحملها للصقيع، ولكن بدرجة أقل مما يحدث فى حالة أقلمة النباتات بتعريضها لدرجة حرارة منخفضة. هذا .. برغم أن الزيادة فى الضغط الأسموزى كانت فى حالة الرش بالسكريات السداسية أكبر منها بالأقلمة العادية؛ وعليه .. فإن الزيادة التى تحدث فى السكريات فى النباتات المؤقلمة لا تشكل سوى جزء من التغيرات التى تحدث نتيجة الأقلمة. هذا .. وقد كانت معاملات الرش بكل من الدكستروز، أو الفراكتوز، أو الريبوز بتركيز ٠,٥ مولار.

يتضح مما تقدم أنه ينصح برش الشتلات بمحلول السكروز عندما لا تكون النباتات مؤقلمة جيدًا، أو عند الرغبة فى شحنها لمسافات بعيدة، أو عندما يكون الشتل فى الجو الحار.

التغيرات المصاحبة لعملية الأقلمة

تؤدى الأقلمة إلى إحداث التغيرات التالية بالبادرات:

١- تغيرات مورفولوجية

أ- قص معدل نمو النباتات:

يقل النمو النباتى أثناء عملية الأقلمة. وقد تبين أن حدوث شدٍّ رطوبى بالأوراق قدره -٢ بار يبطئ من زيادتها فى الحجم، بينما تؤدى زيادة الشدِّ إلى ما بين -٨ إلى -١٢ بارًا إلى وقف نمو الأوراق فى عدد من الأنواع النباتية؛ ولذا .. تكون النباتات المؤقلمة أصغر حجمًا من النباتات غير المؤقلمة عند الشتل.

هذا إلا أن النباتات المؤقلمة تستعيد نموها — بعد الشتل — أسرع من النباتات غير المؤقلمة. وتتوافق سرعة استعادتها لنموها مع زيادة فى معدل نمو جذورها وأجزائها الهوائية.

ب- تكتسب الأوراق لونًا أخضر داكنًا، وتكون أصغر من مثيلاتها غير المؤقلمة التى من نفس العمر.

جـ- يظهر لون أحمر وردى على النبات، وخاصة على السيقان وأعناق الأوراق وعروقها.

٢- تغيرات تشريحية

تحدث زيادة فى سمك طبقة الأديم Cuticle مع زيادة سمك الطبقة الشمعية على أوراق الكرنب وبعض النباتات الأخرى.

٣- تغيرات فسيولوجية

أ-زيادة نسبة الغرويات المحبة للماء hydrophyllic colloids فى النبات.

ب- نقص نسبة الماء الحر فى النبات، وهو الماء القابل للتجمد.

جـ- زيادة نسبة السكريات.

د- زيادة نسبة المادة الجافة:

أدت التقسية لفترة قصيرة (٣ أيام) إلى زيادة مخزون النباتات من المواد الكربوهيدراتية، وكان هذا التأثير واضحًا - فقط - فى النباتات السهلة الشتل. وبزيادة مدة الأقلمة لعدة دورات (٦، أو ٩، أو ١٢ يومًا .. إلخ) حدث نقص فى مخزون المواد الكربوهيدراتية وفى فاعلية عملية الأقلمة ذاتها.

هـ- نقص معدل النتح من وحدة المساحة من الورقة؛ ولذلك علاقة بفشل الثغور فى الانفتاح حتى بعد انتهاء حالة الشدِّ الرطوبى.

وقد تبين أن نقص معدل النتح فى النباتات المؤقلمة بتعريضها لشدٍّ رطوبى، وفشل ثغورها فى الانفتاح حتى بعد انتهاء حالة الشدِّ الرطوبى له علاقة بالارتفاع الكبير الذى يحدث فى مستوى حامض الأبسيسك بالشتلات أثناء تعريضها لعاملة الأقلمة، والذى لا يعود إلى حالته الطبيعية إلا ببطء شديد بعد انتهاء عملية الأقلمة.

و- نقص معدل البناء الضوئى:

يقل معدل البناء الضوئى أثناء عملية الأقلمة، ولكن زيادة مقاومة الثغور، نتيجة للأقلمة - يكون أكثر تأثيرًا على النتح منه على البناء الضوئى؛ ذلك لأن معامل انتشار بخار الماء فى الهواء أقل من معامل انتشار غاز ثانى أكسيد الكربون. كما أن المقاومة الرئيسية لحصول النبات على ثانى أكسيد الكربون لا تكون عند الثغور وإنما فى الغشاء المائى المحيط بالخلايا فى داخل النبات. وكما فى حالة النمو .. فإن النباتات المؤقلمة تبدأ استعادة نشاطها فى البناء الضوئى أبكر - بعد الشتل - من النباتات غير المؤقلمة (عن McKee ١٩٨١).

ز- زيادة مقدرة نباتات الموسم البارد على تحمل درجات الحرارة المنخفضة التى تقل عن درجة التجمد. فنباتات الكرنب المؤقلمة تتجمد على حرارة -٥,٦ °م، بالمقارنة بدرجة -٢,١ °م التى تتجمد عليها النباتات غير المؤقلمة. أما نباتات الموسم الدافئ - كالطماطم - فلا تزداد مقدرتها على تحمل البرودة.

هذا .. ولا يدوم تأثير الأقلمة بعد الشتل أكثر من المدة التى استغرقتها عملية الأقلمة،

كما تحدث التغيرات أثناء الأقلمة، وتعود النباتات إلى حالتها الطبيعية بعد الشتل بصورة تدريجية.

ويتضح من أبحاث Rosa (١٩٢١) أن معظم التغيرات التى تحدث نتيجة الأقلمة فى الكرنب (وهى الزيادة فى نسبة المادة الجافة، والنقص فى نسبة الرطوبة، والنقص فى نسة الماء القابل للتجمد فى حرارة -٥°م) تحدث بعد يومين من الأقلمة فى المراقد الباردة، ويتبع ذلك تغير أقل عند زيادة الأقلمة إلى ٤ أيام، ثم تغيرات قليلة جدًّا عند زيادتها إلى ٦ أيام أو أكثر. أى إن إجراء الأقلمة لمدة أسبوع يكون كافيًا ويفى بالغرض.

وقد تؤدى زيادة الأقلمة على الفترة الكافية إلى نتائج عكسية؛ حيث قد ينخفض المحصول المبكر، ولكن هذا التأثير لا يظهر إلا عند زيادة الأقلمة عما ينبغى لها، ويتناسب النقص فى المحصول المبكر مع شدة الأقلمة.

علاقة التغيرات التى تحدث أثناء الأقلمة بقدرة النباتات على تحمل عملية الشتل

يعد نقص معدل النمو وصغر حجم الأوراق وحجم النبات وزيادة الطبقة الشمعية على الأوراق فى النباتات المؤقلمة من أهم التغيرات التى تؤدى إلى نقص معدل النتح فى النباتات المؤقلمة، عنه فى النباتات غير المؤقلمة، ويساعد ذلك على تحمل النباتات لعملية الشتل؛ نظرًا لأن مقدرتها على امتصاص الرطوبة الأرضية تكون منخفضة بعد الشتل بقليل، كما أن تراكم المواد الكربوهيدراتية — خاصة السكريات — فى النبات يجعلها أكثر مقدرة على تحمل عملية الشتل؛ نظرًا لأن هذه المواد تستخدم فى تكوين الجذور الجديدة التى يحتاج إليها النبات بعد الشتل.

أما بالنسبة لزيادة مقدرة نباتات الموسم البارد على تحمل الصقيع، فإنها ترجع إلى نقص نسبة الماء الحر القابل للتجمد، وزيادة نسبة الغرويات المحبة للماء عند الأقلمة، كما أن النباتات المؤقلمة تكون أكثر مقاومة لكل من البلزمة Plasmolysis، وسرعة العودة

إلى الحالة الطبيعية deplasmolysis؛ الأمر الذى يجعل بروتوبلازم خلاياها أقل تعرضًا للضرر الذى يحدث — عادة — عند الصقيع.

كما يمكن زيادة سمك الطبقة الشمعية على أوراق الكرنب ذات أهمية فى حمايتها من أضرار الصقيع. فقد وجد أن النباتات التى يتكون بها طبقة شمعية أشد سمكًا على أسطح أوراقها تكون هى الأكثر مقاومة لتكوين بلورات ثلجية فى أنسجتها، وهى التى تحدث بها ظاهرة تحت التبريد under cooling، وهى ظاهرة هامة تلعب دورًا كبيرًا فى تحمل النباتات لأضرار الحرارة المنخفضة (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

ويتضح كذلك من أبحاث Rosa (١٩٢١) على الكرنب أن النباتات المؤقلمة — سواء بالتعريض لدرجات الحرارة المنخفضة، أم بتقليل الرطوبة الأرضية — تظل أكثرمقدرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة؛ نظرًا لأن نسبة الماء القابل للتجمد فيها تكون أقل مما هى فى النباتات غير المؤقلمة.

وقد سبقت الإشارة إلى زيادة مستوى حامض الأبسيسك فى النباتات المؤقلمة؛ الأمر الذى يؤدى إلى إغلاق الثغور، ونقص معدل النتح منها.

فقدان تقسية الشتلات بتعريضها للحرارة والتغيرات الفسيولوجية المصاحبة لذلك

أدى تعريض شتلات الكرنب — التى سبقت أقلمتها ضد البرودة لمدة ثمانى أيام على ٥°م — لحرارة ١٥° أو ٢٠° أو ٢٥°م فى الضوء أو فى الظلام إلى فقدها لأقلمتها، مع زيادة سرعة فقد الأقلمة والقدرة على تحمل الصقيع بارتفاع الحرارة التى تعرضت لها الشتلات. وقد أدى مجرد التعريض لحرارة ٢٠°م لمدة ساعة أو ساعتين فقط — فى الظلام — إلى حدوث انخفاض سريع فى تركيز السكريات وخاصة السكروز — فى الأوراق، توافق مع فقد النباتات لخاصية تحمل الصقيع (Sasaki وآخرون ٢٠١١أ).

وجدير بالذكر أن الأقلمة تؤدى إلى تراكم السكريات الذائبة — باستثناء سكر الـ myo-inositol — بالأوراق. ويؤدى تعريض الشتلات للحرارة العالية بعد تقسيتها

(deacclimation) إلى سرعة انخفاض محتواها من السكروز والجلوكوز والفراكتوز إلى أن تعود إلى مستواها السابق للأقلمة فى خلال خمسة أيام. وتصاحب الأقلمة زيادة فى نشاط الإنزيمين sucrose synthase، و sucrose phosphate symthase، لكن هذا النشاط ينخفض ال سابق عهده مع التعرض للحرارة العالية؛ بما يفيد أهمية هذين الإنزيمين فى إكساب النباتات المؤقلمة خاصية تحمل الصقيع؛ هذا .. بينما لم ينطبق ذلك الأمر على الإنزيم acid imvertase الذى انخفض نشاطه تدريجيًا مع الأقلمة، لكنه لم يرتفع إلى سابق مستواه بعد التعرض للحرارة العالية (Sasaki وآخرون ٢٠١١ب).

تقدمات فى عملية تقسية الشتلات ووقف استطالتها

تعد عملية إبطاء استطالة الشتلات نوعًا من الأقلمة التى تجرى بهدف إبطاء النمو الطولى للشتلة، وإحداث زيادة فى النمو الجذرى، وسمك الساق، وحجم الأوراق المتكونة، وزيادة محتوى النباتات من المادة الجافة بهدف زيادة قدرتها على تحمل الشتل.

ويعتبر وقف نمو الشتلات ضروريًّا فى الحالات التى يتأخر فيها إعداد الحقل للزراعة، أو عندما لا تكون الظروف البيئية مناسبة للشتل، كما تزداد الحاجة إلى وقف نمو الشتلات فى الجو الحار الرطب، وفى الزراعات المكشوفة، وبدونها تصبح الشتلات رهيفة ورفيعة وطويلة، ولا تتحمل الشحن (عند الإنتاج التجارى للشتلات بغرض البيع للغير)، أو الشتل.

ومع إمكانية الحد من نمو الشتلات بوقف الرى، أو بتقطيع الجذور على أحد جانبى النباتات بإمرار آلة حادة فى التربة — كما أسلفنا — إلا أنه غالبًا ما يصاحب تلك المعاملات تقزم للنباتات، وعدم استعادتها لنموها النشيط سريعًا بعد الشتل.

وقد لجأ الباحثون فى البداية إلى استعمال منظمات النمو فى الحد من نمو الشتلات طوليًّا، ولكن — مع زيادة الوعى بأضرار بعض منظمات النمو على صحة الإنسان — اتجه الباحثون إلى الطرق الفيزيائية للحد من نمو الشتلات.

المعاملة بمنظمات النمو

استخدمت مثبطات النمو النباتية على نطاق تجارى واسع؛ بهدف منع استطالة الشتلات والحد من نموها، وكان الآلار Alar (الـ B995، أو B-nine، أو الـ daminozide، أو SADH) أكثرها استعمالاً؛ لأنه يؤدى إلى تقصير السلاميات وزيادة سمك السيقان. ويكفى الرش به مرة واحدة أو مرتين بمعدل ٢,٢٥ كجم لكل ٤٠٠ لتر ماء للمشاتل الحقلية. أما المشاتل المحمية .. فيكفيها الرش بمعدل ١,٢٥ كجم لكل ٤٠٠ لتر ماء. ويكفى ١٠٠–٢٠٠ لتر ماء من محلول الرش لكل فدان من المشتل، مع تغطية الشتلات جيدًا بالمحلول. تعطى الرشة الأولى فى مرحلة نمو الورقة الحقلية الأولى إلى الرابعة، ثم تعطى الرشة الثانية بعد أسبوعين من الأولى.

وبالرغم من أن هذه المعاملة تفيد فى زيادة قدرة الشتلات على تحمل الشحن والشتل، وزيادة تركيز الإزهار والإثمار (نشرة Uniroyal Chemical)، إلا أنه لم يعد يوصى بها، وتوقف استعمال الآلار لهذا الغرض، بعد أن تبين أنه من المركبات التى تساعد على الإصابة بالسرطان.

كذلك أدت المعاملة فى مشاتل الطماطم بأى من منظمى النمو: الإثيفون Ethephon، والكلورمكوات Clormequat إلى تثبيط نمو الشتلات، وخفض معدل النتح، وتأخير عقد الثمار بنحو ١٠ أيام دون التأثير على المحصول الكلى. وبالمقارنة .. فقد أدى تقليم الشتلات إلى تأخير عقد الثمار بنحو ٢٠ يومًا (Pisarczy & Splittstoesser ١٩٧٩). ويذكر أن معاملة شتلات القنبيط بالكلورمكوات أدت إلى زيادة نسبة نجاح الشتل، وتبكير النضج، وزيادة تجانسه (عن McKee ١٩٨١).

ويُذكر أن رش نباتات الطماطم والفلفل بالإثيفون أدى إلى سرعة نمو الجذور بعد الشتل، وسرعة التغلب على صدمة الشتل (عن Wittwer ١٩٨٣).

كذلك وُجد أن رش البادرات بحامض الأبسيسك قبل الشتل مباشرة يؤدى إلى تقليل صدمة الشتل وزيادة المحصول (عن Yamazaki وآخرين ١٩٩٥).

كما أمكن التحكم فى طول شتلات الفلفل فى المشتل ومنعها من الاستطالة الزائدة برى أوعية إنتاج الشتلات بحامض الأبسيسك بمعدل ٢٥٠ مل/لتر مبكرًا وهى فى مرحلة الأوراق الفلقية (Biai وآخرون ٢٠١١).

وبينما تقل أو تنعدم فرص استخدام أى معاملات كيميائية فى الحد من نمو شتلات الخضر (نظرًا لعدم تسجيل أى منها لهذا الغرض حاليًّا)، فإنه يتوفر عديد من تلك المعاملات الكيميائية لمنظمات النمو المصرح باستخدامها لأجل الحد من نمو نباتات الزينة، وخاصة نباتات الأصص، فضلاً عن عديد من المعاملات الأخرى الفيزيائية والتى يصلح بعضها للحد من نمو شتلات الخضر والتى نتناولها بالشرح تحت العنوان التالى (Schnelle وآخرون ٢٠٠٧).

التحكم فى طول الشتلات بالتحكم فى درجة الحرارة ليلاً ونهارًا

يعد طول النبات دالة لكل من تمدد العقد وطول كل سلامية، وكلاهما يتأثر بقوة بدرجة الحرارة. ويعد عدد العقد أو معدل تكوينها دالة لمتوسط درجة الحرارة، حيث يزيد العدد مع ارتفاع درجة الحرارة . ويتأثر طول السلاميات بقوة بالعلاقة بين حرارتى النهار والليل أو بالفرق بينهما، فكلما ازداد هذا الفرق ازداد طول السلاميات. وعلى الرغم من تباين طبيعة ومدى تأثير درجة الحرارة حسب النوع النباتى والصنف والظروف البيئية، فإنه يمكن استخدام درجة الحرارة فى التأثير على نمو الشتلات (Berghge ١٩٩٨).

يفيد تعريض البادرات لحرارة منخفضة نهارًا مع حرارة مرتفعة ليلاً فى إنتاج نباتات مندمجة وأكثر قدرة على تحمل الشتل. كما وُجد أن تعريض بادرات الطماطم والخيار لحرارة منخفضة وقت شروق الشمس أدى إلى وقف استطالتها.

وقد وجد Grimstad (١٩٩٥) أن تعريض بادرات الخيار لحرارة منخفضة فى نهاية الليل كان أفضل من تعريضها للحرارة المنخفضة فى بداية الفترة الضوئية؛ حيث أنقصت طول النباتات بمقدار ٢٤٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. ولكن الطماطم كانت أكثر استجابة لمعاملة التعريض للحرارة المنخفضة فى بداية الفترة الضوئية؛ حيث أدت إلى نقص طول

النباتات بمقدار ٢٨٪ مقارنة بالكنترول. ولم يكن لهذه المعاملات أية تأثيرات على المحصول المبكر أو نوعية الثمار فى كل من الخيار والطماطم.

كما تبين أن التطور المورفولوجى فى عديد من الأنواع النباتية يرتبط — بدرجة عالية — بالفرق بين درجتى الليل والنهار فى حدود المجال الحرارى ١٠–٢٦°م. ويعرف هذا التأثير للتباين بين حرارتى الليل والنهار على التطور المورفولوجى للنباتات باسم Thermomorphogensis. (من الأصول اليونانية: therme بمعنى حرارة، و morphos بمعنى النوعية أو الطراز form، و gignesthai بمعنى ولادة to be born).

ويستفاد من هذه المعاملة فى إبطاء استطالة النباتات فى كل من المشاتل، ومزارع الأنسجة، وحجرات النمو (عن Erwin & Heins ١٩٩٥).

التحكم فى طول الشتلات بالتحكم فى طول الفترة الضوئية والموجات الضوئية

أدت المعاملة بالضوء الأحمر، أو زيادة الفترة الضوئية بلمبات فلورسنتية (نيون) — فى نهاية النهار — إلى نقص نمو البادرات فى المشاتل، ولكن اختلفت الأنواع المحصولية فى شدة تأثرها بأطوال الموجات الضوئية، حيث كان تأثر الفلفل — مثلاً — بدرجة أكبر من تأثر الطماطم.

وقد درس Graham & Decoteau (١٩٩٥) تأثير زيادة شد الإضاءة فى نهاية النهار باستعمال لمبات فلورسنتية لمدة ساعة — فى المشتل — على نمو بادرات الفلفل، والنمو الخضرى والثمرى للنباتات بعد الشتل، ووجد أن النباتات المعاملة كانت أقصر وذات أوراق أصغر من نباتات الشاهد. كما أدت المعاملة إلى نقص النمو الخضرى فى الحقل فى مرحلة بداية الإثمار، ولكنها لم تؤثر على المحصول الكلى.

التكيف الميكانيكى للشتلات للتحكم فى طولها

يمكن أن يحل التكيف الميكانيكى mechanical conditioning محل معاملات منظمات النمو فى منع الاستطالة الزائدة للشتلات.

بدأ التكيف الميكانيكى بتعريض صوانى الشتلات لتيارات هوائية من مراوح توضع إما أعلى البنشات أو تحتها، الأمر الذى ترتب عليه إحداث اهتزازات بها والحد من نموها، لكن ذلك كان يصاحب أحيانًا بذبول وجفاف بحواف الأوراق، الأمر الذى لم يكن مستحبًا. كذلك أعطى الهز الميكانيكى للبنشات بما تحمله من صوان أو أصص تأثير جيدًا فى الحد من استطالة الشتلات إلاّ أن ذلك تطلب بذل طاقة كبيرة مكلفة.

ولقد جاء بعد ذلك دور لمس الشتلات برفق (تفريش brushing)، بهدف الحد من استطالتها. يؤدى التفريش عدد من المرات يوميًّا — إلى جانب الحد من استطالة الشتلات — إلى تقليل المساحة الورقية والوزن الجاف، ولكن مع زيادة فى متانة الساق وطول أعناق الأوراق ومتانتها. وقد تنوعت وسائل التفريش بين استخدام ورق مقوى وقضيب من الألومنيوم وأنبوب من الـ PVC وعصا خشبية وطبقة أو عدة طبقات من الخيش. وتعد هذه الطريقة أكفاء من طريقتى التعريض للرياح والهز فى تقليل طول النباتات .

كذلك استخدمت طريقة الإعاقة الميكانيكية mechanical impedence فى تقليل استطالة الشتلات دون تعريضها للتجريح، وذلك باستخدام شبكة من الفنيل vinyl net كعائق أمام النمو النباتى، أو استخدام شريحة من الـ Plexiglas لمدة ١٥ ساعة خلال الليل لمدة ١٢ يومًا على التوالى.

هذا .. ومن أهم المزايا التى يحققها التكيف الميكانيكى، ما يلى:

١- التحكم فى طول الشتلات فلا تستطيل لأكثر من اللازم، ويكون النقص فى طول الشتلات — عادة — من ٢٠٪ إلى ٥٠٪. وقد أفاد التفريش فى الحد من طول الشتلات مع كل من الباذنجان والخيار والكوسة والبطيخ والبروكولى والكرنب والفلفل والخس والطماطم، لكن مع وجود بعض التباين بين الأصناف فى استجابتها.

٢- إحداث زيادة فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل (كما ثبت فى الطماطم والبانجان والخس والكرفس)، والوزن النوعى للورقة، مع تجانس فى نمو الشتلات وتحسين مظهرها العام.

٣- زيادة متانة ساق الشتلة وأعناق أوراقها؛ الأمر الذى يفيد فى نجاح عملية الشتل.

٤- زادة القدرة على تحمل شد الجفاف.

٥- زيادة فرصة تحمل الشتلات لعملية الشتل دون أن تتعرض للموت؛ حيث تتغلب على صدمة الشتل بصورة أفضل، خاصة عندما يتصادف هبوب رياح بعد الشتل؛ ذلك لأن التفريش يزيد من نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، ويقلل من أسفنجية نخاع الساق.

هذا .. ولعملية التكيف الميكانيكى تأثير محدود على المحصول وتتباين النتائج فى هذا الشأن.

وفى كل الحالات يجب أن تبدأ المعاملة قبل أن تصبح الشتلات طويلة أو رهيفة، وأن تستمر لمدة وبمعدل يومى كافيين لتحقيق الأهداف المرجوة منها. وهى تبدأ — عادة — عندما تكون البادرات بطول ٦ سم، وبمعدل ١٠-٤٠ لمسة يوميًّا كل ١٠ دقائق.

وتزداد الأضرار التى تحدث للشتلات إذا تأخرت بداية المعاملة، أو عند إجرائها أثناء ابتلال الأوراق. ويتعين أن تكون جميع الشتلات التى تخضع للمعاملة متجانسة فى الطول.

وغالبًا ما يتم إجراء معاملة التفريش فى غير مواعيد العمل، ليتسنى إجراء عمليات الخدمة الزراعية للشتلات (Latimer ١٩٩٨).

لقد أصبح من المعلوم أن تعريض النباتات وهى فى المشتل لظروف قاسية ميكانيكية Mechanical Stress يساعد فى التغلب على مشكلة الشتلات الطويلة الرهيفة.

ويمكن تلخيص الوسائل الفيزيائية التى اتبعها الباحثون بهدف التحكم فى نمو الشتلات، فيما يلى:

١- تعريض البادرات لشدٍّ رطوبى، وقد سبقت مناقشة ذلك.

٢- خفض معدلات التسميد كما أسلفنا بيانه.

٣- ملامسة النموات الخضرية — برفق — brushing بأجسام صلبة.

٤- هز أوانى الشتلات دورانيًا أو بطريقة ترددية.

٥- حك البادرات.

٦- تعريض البادرات لتيار من الهواء السريع.

٧- رش النباتات بالماء.

٨- المحافظة على حرارة منخفضة ليلاً.

٩- تعريض النباتات لإضاءة ذات نسبة من الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء.

١٠- إعاقة نمو البادرات بوضع شريحة من الأكريلك Plexiglas الشفاف فوقها دون أن تحمل عليها (Samimy ١٩٩٣).

ونلقى — فيما يلى — الضوء على اتجاهات الباحثين فى تناولهم لتلك المعاملات.

الاهتزازات والتعريض لتيار من الهواء

لاحظ الباحثون أن النباتات التى تتعرض لدفع الرياح غالبًا ما تكون سيقانها وأوراقها أصغر حجمًا، وأقل فى وزنها الجاف والرطب من النباتات التى لا تكون عرضة للرياح. وقد عزى ذلك إلى ما تحدثه الرياح من زيادة فى معدلات التنفس والنتح، ونقص فى معدل البناءالضوئى والمحتوى المائى للنبات.

وقد دُرس التأثير الميكانيكى للرياح بعدة وسائل عُرِّضت فيها النباتات لتيارات هوائية، لأهتزازات، أو للرش بالماء، أو للحك عليها. ووجد أن الاهتزازات الدورانية gyratory shaking للنباتات تُحدث فيها تأثيرات مماثلة للتأثيرات التى تحدثها الرياح. فمثلاً .. كانت نباتات الطماطم التى عُرِّضت لمعاملة الاهتزاز الدورانى بمعدل ٢٨٢ دورة فى الدقيقة لمدة ٣٠ ثانية يوميًا .. كانت أقل نموًا من غير المعاملة.

وتبعًا لـ Heuchert & Mitchell (١٩٨٣) فإن تعريض بادرات الطماطم للاهتزاز الدورانى — بمعدل ١٧٥ دورة فى الدقيقة لمدة خمس دقائق يوميًا خلال فصل الشتاء — أدى إلى نقص المساحة الورقية، وطول الساق، والمحتوى المائى للنبات، والوزن الجاف

لكل من السيقان والأوراق، ولكن هذه المعاملة كانت غير فعالة عندما أجريت صيفًا. وكان تعريض النباتات للاهتزاز الدورانى لمدة ٥–٢٠ دقيقة مرتين أو ثلاثة مرات يوميًّا أكثر فاعلية صيفًا وشتاءً.

كما وجد Heuchert وآخرون (١٩٨٣) أن معاملة الاهتزاز الدورانى لشتلات الطماطم النامية فى ظروف إضاءة ضعيفة أدت إلى إبطاء النمو القمى والإبطى لسيقان النباتات، ونقص استطالة أعناق الأوراق، بينما أدت إلى زيادة متانة أنسجتها، ومرونتها، وقللت من قابليتها للتمزق مقارنة بالنباتات التى لم تُعْطَ هذه المعاملة. كما أحدثت المعاملة زيادة فى نسبة السيليلوز فى ألياف السيقان.

حك البادرات أو ملامستها بأجسام صلبة (معاملة التفريش)

تستجيب البادرات لمعاملات حكها أو ملامستها بأجسام صلبة — وكذلك تعريضها للاهتزاز — إلى إحداث ما يعرف باسم thigmotropic response، الذى يؤدى إلى تقليل استطالة السلاميات من خلال تمثيل الإثيلين (عن Erwin & Heins ١٩٩٥).

نذكر فى هذا الشأن دراسات Latimer & Thomas (١٩٩١) التى أجريت فى مشتل تجارى، والتى قام فيها الباحثان بتعريض نباتات طماطم صنف صنى Sunny وهى فى عمر أسبوعين (أى فى مرحلة امتداد الفلقات) لأنبوبة من البولى فينيل كلورايد (PVC) تمر فوقها وملامسة لها برفق (Brushing) لمدة خمسة أسابيع بمعدل ٥٠ مرة يوميًّا ازدادت تدريجيًّا لتصل إلى ٧٠ مرة يوميًّا خلال الأسبوعين الرابع والخامس من عمر الشتلات. أدت هذه المعاملة إلى نقص نمو النباتات وتحسين مظهرها؛ فقد انخفض معدل نمو الساق بنسبة ٣٧٪، والأوراق بنسبة ٣١٪ مقارنة بمعاملة الشاهد، وكانت النباتات ذات لون أخضر أكثر قتامة وأكثر قدرة على تحمل عمليات التداول من النباتات غير المعاملة.

وفى دراسة أخرى قام Latimer وآخرون (١٩٩١) بتعريض بادرات الخيار من عدة أصناف لقضيب معلق (معاملة الـ brushing) لمدة ١,٥ دقيقة مرتين يوميًّا لمدة ١٢ يومًا؛ حيث أدت هذه المعاملة إلى نقص نمو النباتات وزيادة وزنها الجاف، كما أدت إلى نقص

عدد الأزهار المؤنثة والثمار المتكونة على الفروع الجانبية التى نمت من الأجزاء التى تعرضت للمعاملة من الساق الرئيسية، إلا أن ذلك لم يؤثر على المحصول الكلى إلا فى صنف واحد من أربعة أصناف.

كما وجد Tanaka (١٩٩١) فى اليابان أن تعريض بادرات الطماطم الكثيفة الزراعة للاحتكاك بقماش ثقيل عمودى عليها (مثل ستارة ثقيلة متحركة) أدى إلى نقص نسبة طول النباتات إلى وزنها الجاف، وخاصة عندما كانت كثافة المشتل ١٠٠٠ نبات بالمتر المربع، (مقارنة بكثافة ١٥٠٠ أو ٤٠٠ نبات بالمتر المربع). وقد أدت المعاملة إلى إنتاج نباتات لا يزيد طولها على ٢٥ سم، مع زيادة نسبة الشتلات التى تراوح طولها بين ١٥ و ٢٥ سم، مقارنة بمعاملة الشاهد التى أنتجت شتلات تراوح طولها بين ٥ و ٤٠ سم.

وفى دراسة أجريت على الخس والقنبيط وجد Pöntinen & Voipio (١٩٩٢) أن تعريض البادرات لشدّ ميكانيكى — بتعريضها للاحتكاك برفق بورق ثقيل لمدة ١,٥ دقيقة يوميًا، أو بـ :الخيش" لمدة خمس دقائق يوميًا (معاملات brushing) — كان أفضل من تعريضها لمراوح هوائية من اتجاه واحد، أو للاهتزاز لمدة خمس دقائق يوميًا، حيث أدت معاملات الـ brushing إلى نقص طول النبات وطول وعرض الورقة الأولى فى المحصولين، كذلك أدت هذه المعاملات فى القنبيط إلى نقص الوزن الطازج للنباتات وزيادة وزنها الجاف.

وقد قارن Latimer & Beverly (١٩٩٤) تأثير ملامسة بادرات الخيار والكوسة والبطيخ — برفق — بعارض خشبى (شد ميكانيكى)، أو تعريضها لشدّ رطوبى على نموها. أجريت معاملة الشدّ الميكانيكى بترتيب وضع أحواض الشتلة على ألواح خشبية بحيث تتلامس الـ ٥—١٠ سم العليا من نمواتها الخضرية مع قضيب خشبى يمر فوقها ٤٠ مرة — خلال فترة دقيقة ونصف — مرتين يوميًا. أما معاملة الشدّ الرطوبى فقد أجريت بمنع الرى، إلى أن تظهر أعراض الذبول بوضوح على النباتات لمدة ساعتين يوميًا، واستمرت هذه المعاملات إلى حين الشتل. أدت معاملة الشدّ الميكانيكى إلى نقص

نمو بادرات الخيار والكوسة، بينما أدت معاملة الشدِّ الرطوبى إلى نقص نمو جميع الأنواع المعاملة. وقد أدت المعاملتان إلى التحكم فى النمو النباتى دون أن يكون لها تأثيرات سلبية على النباتات الكبيرة بعد ذلك.

وفى دراسة أخرى قام Latimer & Oetting (١٩٩٤) بمعاملة بادرات الطماطم، والباذنجان، والبطيخ بالـ brushing؛ وذلك بتمرير قائم خشبى بحيث يلامس النباتات فى ثلثها العلوى فقط ٤٠ مرة، مع تكرار المعاملة مرتين يوميًّا ابتداء من بعد نحو ١٠-١٤ يومًا من الزراعة، أو بتعريضها للعطش بحيث تظهر أعراض ذبول واضحة على النباتات لمدة ساعتين يوميًّا، وبعد انتهاء المعاملات بأسبوع قام بعدوى النباتات إما بالتربس *Frankliniella occidentalis*، وإما بالمن *Myzus persicae* فى محاولة لدراسة تأثير هاتين المعاملتين على الإصابة الحشرية. وقد وجد الباحثان أن كلتا المعاملتين — الـ brushing والشدِّ الرطوبى — أحدثتا نقصًا فى طول النباتات وفى الوزن الجاف لجميع المحاصيل. كما أدت معاملة الـ brushing إلى نقص أعداد التربس فى جميع المحاصيل وأعداد المنّ فى الطماطم. هذا بينما لم يؤثر الشدِّ الرطوبى على أعداد المنّ، ولم يكن تأثيره منتظمًا على أعداد التربس.

هذا .. إلا أن معاملة ملامسة البادرات — برفق — بأجسام صلبة (معاملة الـ brushing) ليست مجدية مع كل النباتات؛ ففى الفلفل .. أحدثت معاملة الـ brushing ٨٠ مرة يوميًّا زيادة كبيرة جدًّا فى نسبة الشتلات التى ظهرت عليها أضرار ميكانيكية؛ حيث تراوحت بين ٤٨٪ و ٩٣٪. وبرغم أن تخفيض عدد الاحتكاكات إلى ٤٠ مرة يوميًّا صاحبه نقص فى معدل الأضرار الميكانيكية التى لحقت بالبادرات، إلا أن النقص فى معدل نموها — حينئذٍ — لم يكن ذا قيمة فى تحسين صلاحية الشتلات للشتل (Latimer ١٩٩٤).

ومن معاملات الشدِّ الميكانيكى الأخرى ما وجده Samimy (١٩٩٣) من أن إعاقة نمو بادرات الطماطم بوضع شريحة شفافة من الأكريلك Plexiglas فى طريق نموها ١٥ ساعة ليلاً لمدة ١٢ يومًا، (انتهت المعاملة عندما كانت النباتات بعمر شهر، وكانت الشريحة

محملة على قوائم، وليس على النباتات) .. أدت هذه المعاملة إلى نقص نمو البادرات بنسبة ٢١٪ وزيادة سمك الساق بنسبة ٢٠٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. وبعد انتهاء معاملة إعاقة النمو بنحو شهر ونصف الشهر كانت النباتات المعاملة مازالت أقصر بنسبة ١٨٪، وأسمك بنسبة ٩٪ عن النباتات غير المعاملة.

وقد وجد أن الطول النهائي لشتلات الطماطم التي عوملت باللمس (أو التفريش brushing) انخفض بنسبة حوالى ٢٠٪ عندما أجريت المعاملة ١٠ مرات يوميًا. وكان التأثير الإضافي لزيادة عدد مرات المعاملة حتى ٤٠ مرة يوميًا — قليلاً. بدأت المعاملة عندما كان طول البادرات ٦ سم واستمرت حتى وصل طول بادرات الكنترول ١٣ سم. كذلك أعطت معاملة التفريش مرة كل ١٠ دقائق نفس تأثير المعاملة المستمرة طالما كان عدد معاملات التفريش اليومي ثابتًا. كما أن المعاملة لم تختلف في تأثيرها حينما أجريت في الصباح أو بعد الظهيرة. وقد أثرت المعاملة على معدل النمو بنفس الدرجة سواء بدأت عندما كان ارتفاع البادرات ٦ سم (مرحلة ملأ البادرات للفراغات بينها) أو ٨ أو ١٠ سم؛ فكان نموها في كل الحالات بمعدل ٣ مم يوميًا، مقارنة بمعدل نمو ٦ سم يوميًا في حالة عدم المعاملة. ويعني ذلك وجود مرونة كبيرة في تطبيق المعاملة لتحدث تأثيرها المرغوب فيه (Garner & Bjorkman ١٩٩٦).

وأدى لمس بادرات الطماطم بالتفريش بدءًا من اليوم الحادى عشر بعد زراعة البذور بمعدل ٤٠ لمسة مرتان يوميًا لمدة ٣٠ يومًا إلى تقليل طولها بنسبة ٣٢٪، ووزن نموها القمي الجاف بنسبة ٢٩٪، مقارنة بما حدث في نباتات الكنترول. هذا ولم يؤثر التفريش على تبادل الأوراق للغازات، كما لم يبد أن للتفريش تأثير واضح على تحمل النباتات لشدِّ الجفاف (van Iersel ١٩٩٧).

كما أدى تعريض شتلات الخيار لمعاملة التفريش بمعدل ١٠ لمسات يوميًا لمدة أربعة أيام إلى تقليل الطول النهائي للسويقة الجينينية السفلي بالبادرات بمقدار ٢٥٪، ولم يكن للعدد الأكبر من الملسات تأثير إضافي في هذا الشأن. هذا .. ولم يكن الانخفاض في الوزن الجاف جراء المعاملة (١٠٪) ضارًا بالشتلات مقارنة بالفائدة التى عادت عليها

جراء التحكم فى طولها. وقد كان تأثير لسات التفريش ثابتًا على الرغم من الاختلافات الموسمية التى ظهرت فى مدى استطالة السويقة الجينينة السفلى (Björkman ١٩٩٩).

ولقد كان تأثير لسات التفريش واحدًا سواء أجريت صباحًا أم بعد الظهر. وبينما نمت النباتات ستة ملليمترات يوميًّا عندما لم تعامل، فإنها نمت ٣ ملليمترات فقط — يوميًّا خلال فترة المعاملة. وبعد الشتل كانت النباتات المعاملة أكثر تحملاً للرياح، ففى إحدى الزراعات الحقلية تعرضت النباتات بعد الشتل لرياح سرعتها ٧٠ كم/ساعة؛ الأمر الذى أدى إلى موت ١٢٪ من الشتلات غير المعاملة، بينما لم يفقد سوى ٢٪ من تلك التى سبقت معاملتها. هذا ولم تكون للمعاملة أية تأثيرات على فترة التغلب على صدمة الشتل (التى عاودت بعدها النباتات نموها) أو على النمو الخضرى أو المحصول (Björkman ١٩٩٨).

ومن أهم عيوب معاملات حك البادرات أو ملامستها بأجسام صلبة — بهدف تقليل معدل استطالتها —احتياج هذه الطريقة إلى أيد عاملة كثيرة، بالإضافة إلى ما تحدثه من أضرر للنباتات.

وقف الزيادة فى طول الشتلات بالإعاقة الفيزيائية

وجد أن الإعاقة الفيزيائية لشتلات الطماطم تتحكم فى طول البادرات بقدر مساوٍ لما تحدثهمعاملة التفريش الأكثر تكلفة. وقتساوى فى هذا الشأن استخدام غشاء ميلار Mylar مثبت فى إطار بلاستيكى مع الشرائح الأكريلكية المكلفة من حيث تأثيرها فى الحد من طول الشتلات، وهى التى كانت أقصر بمقدار ٤٠ مم عن طول الشتلات غير المعاملة، حيث انخفض معدل استطالة الشتلات المعاملة بمعدل ٤٠٪ خلال فترة المعاملة، وازداد سمك ساق البادرة بنسبة ١٨٪ وكتلتها البيولوجية بنسبة ١٤٪ عندما أجريت المعاملة عند ضغط ٦٦ نيوتن/م^{2}. ولم تؤثر الضغوط الأقل من ذلك (٢٥ أو ٥٠ نيوتن/م^{2}) فى طول الشتلات. وقد تساوت كفاءة غشاء الميلار مع شباك من الفيبرجلاس فى التحكم فى طول الشتلات؛ بما يعنى أن الحد من حركة الهواء ليس عاملاً هامًّا فى استجابات النمو. وقد أعطت المعاملة أثناء الليل فقط تأثيرًا مقبولاً فى التحكم فى طول

الشتلات (كانت أقصر بمقدار ٢٧ مم مع انخفاض قدره ٣٠٪ فى معدل الاستطالة) (Garner & Björkman ١٩٩٧) ولم تكئن للمعاملة تأثيرات سلبية على أى من النمو النباتى بعد الشتل، أو المحصول، أو العيوب الثمرية فى العنقود الأول (Garner & Björkman ١٩٩٩).

هذا .. ولم تؤثر معاملة تفريش الشتلات على محصول ثمار طماطم التصنيع ولا على المحصول المبكر أو المحصول الكلى لطماطم الاستهلاك الطازج على الرغم من أن الإزهار المبكر لطماطم الاستهلاك الطازج يجعلها أكثر حساسية لأضرار التجريح التى تحدث بالشتلات جراء عملية التفريش. كذلك فإن الشتلات التى تعرضت لمعاملة التفريش أو إعاقة النمو impeding قاومت سيقانها الانحناء بدرجة أكبر من الشتلات التى لم تعامل، وذلك عندما تعرضت لرياح بقوة ٤-٦ كم/ساعة بعد الشتل. وبينما تسبب تعرض الشتلات بعد الشتل لرياح قوتها ٧٠ كم/ساعة إلى موت ١٢٪ من تلك التى لم تعامل، فإنها أدت إلى موت ٢٪ من تلك التى عوملت بالتفريش أو الإعاقة (Garner & Björkman ١٩٩٩).

تقليم الشتلات

يتم — أحيانًا — التحكم فى حجم الشتلات بإزالة أجزاء من الجذور، أو من الساق، أو من كليهما، إما أثناء إنتاج النباتات، وإما قبل شتلها مباشرة. وتعرف هذه العملية بـ "التقليم" pruning.

وتجرى عملية التقليم بإحدى ثلاث طرق كما يلى:

١- إزالة قمة النباتات Topping

يتضمن ذلك إزالة البرعم الطرفى، وبعض البراعم الإبطية، والأوراق الطرفية، ولا تجرى هذه العملية إلا على شتلات الطماطم والفلفل. وتؤدى المعاملة التى تجرى أثناء نمو البادرات فى المشتل إلى إنتاج نباتات قصيرة قوية وأكثر تجانسًا وأكثر صلاحية للحصاد الآلى. كما أنها تسمح بتأخير شتل النباتات إن لم تكن الظروف مواتية للشتل.

ويتبين من نتائج الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن إزالة قمة نباتات الطماطم قبل شتلها بأسبوعين لم يؤثر على نسبة نجاح الشتل أو محصول الثمار، لكنها أدت إلى نقص المحصول المبكر. ولكن إذا تأخر الشتل كثيرًا فإن إزالة قمة النباتات تؤدى إلى زيادة المحصول المبكر كذلك. وقد أدت إزالة قمة النباتات قبل الشتل بيومين إلى نقص المحصول بنسبة ٣٣٪، ولذا .. يجب أن يمر وقت كاف بين إزالة القمة النباتية والشتل للسماح بالتئام الجروح وبدء تكوين نموات جديدة. وقد حصل على نتائج مماثلة فى الفلفل (عن Mckee ١٩٨١).

وقد قام Kraus (١٩٤٢) بتقليم جزء من المجموع الخضرى لشتلات كل من: الخس، والقنبيط، والكرفس، والفلفل، والبصل، وتوصل إلى النتائج الآتية:

أ- لم تحدث أية زيادة فى نسبة نجاح النباتات فى عملية الشتل نتيجة لتقليم الشتلات.

ب- أدى التقليم الجائر إلى تأخير تكوين الرؤوس فى الخس، وإلى تقليل المحصول المبكر فى القنبيط، ولم يتأثر المحصول فى باقى الخضراوات التى دُرست.

جـ- كان فقد الماء بالنتح من النبات أكثر — فى النباتات غير المقلمة — منه فى النباتات المقلمة، وكان ذلك راجعًا إلى الأسباب الآتية:

(١) كان النمو الخضرى أكبر فى النباتات غير المقلمة.

(٢) كان لدى النباتات غير المقلمة مخزون أكبر من المواد الكربوهيدراتية بالأوراق؛ ساعد النبات على تكوين جذور جديدة بسرعة بعد الشتل؛ مما زاد من مقدرة النبات على امتصاص الماء؛ ومن ثم أدى إلى زيادة النتح. كما كانت النباتات غير المقلمة أكثر قدرة على تمثيل المواد الغذائية اللازمة لنمو الجذور.

ويتبين من ذلك أن تقليم الشتلات بإزالة قمتها النامية يضر بالنباتات، ولا يوصى به.

كما وجد أيضًا أن تقليم جذور وأوراق البصل أدى إلى نقص كبير فى المحصول.

وبالنسبة للطماطم .. فإن عملية التقليم تضر أيضًا بكل من المحصول المبكر والمحصول الكلى. وبرغم أن إزالة القمة النامية وجزءًا من الساق يؤديان إلى تشجيع نمو الأفرع الجانبية مبكرًا، إلا أنه ثبت بالدراسة أن إجراء هذه العملية فى وقت مبكر — والنباتات فى عمر ٦ أسابيع — لا ينتج عنها أى تأثير جوهرى على المحصول الكلى أو المحصول المبكر، وأن إجراءها فى وقت متأخر — والنباتات فى عمر ٧-٨ أسابيع — يحدث نقصًا جوهريًّا فى كل من المحصول المبكر والمحصول الكلى.

وقد يساعد تقليم النباتات الكبيرة الطويلة الرفيعة leggy على تسهيل عملية الشتل — خاصة فى حالة الشتل الآلى — كما يساعد على تجنب الأضرار التى تحدث للنباتات بفعل هزّ الرياح لها، لكن هذه العملية لا ينصح باتباعها أيضًا إلا إذا كانت النباتات زائدة الطول ورفيعة بشكل ملحوظ؛ لأن الجزء المزال من النبات يحتوى على مخزون هام من المواد الكربوهيدراتية يكون النبات فى أمس الحاجة إليه بعد الشتل؛ لتكوين جذور جديدة بسرعة، خاصة عندما لا تكون النباتات قد سبق تفريدها؛ وبالتالى لم تكوّن مجموعًا جذريًّا كثيفًا متفرعًا.

٢- التشذيب Trimming

يعنى بذلك إزالة أجزاء الأوراق العليا للنبات، مع ترك البراعم دون الإضرار بها. ويستدل — من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن — على أن عملية التشذيب تؤدى إلى نقص المحصول المبكر والكلى، أو أنها تكون عديمة التأثير ولا فائدة منها، كما أنها لا تؤثر على نسبة نجاح الشتل. كذلك أدى تشذيب أو تقليم الجذور إلى زيادة صدمة الشتل وتأخير النضج، ولكن تشذيب الأوراق كان أكثر تأثيرًا على المحصول من تشذيب الجذور.

٣- التوريق الجزئى Partial Defoliation

يقصد بهذه العملية إزالة أوراق كاملةدون الإضرار بالبرعم الطرفى أو البراعم الإبطية. وهى تجرى — أحيانًا — وقت الشتل؛ بهدف زيادة نسبة نجاح الشتل، وخاصة فى

الجو الجاف؛ حيث تؤدى إلى نقص كمية الماء المفقودة بالنتح مقارنة بالفقد المائى من النباتات غير المورقة. وقد تفيد عملية التوريق فى تسهيل إجراء عملية الشتل، ولكن إجراءها لتحقيق هذا الهدف وحده لا يكون اقتصاديًّا؛ لأنها تؤدى — كذلك — إلى نقص المحصول (عن McKee ١٩٨١).

تأثير عمر الشتلة — عند الشتل — على النمو والمحصول

يختلف تأثر النمو النباتى بعمر الشتلة باختلاف المحصول، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١- أدى استعمال شتلات خس بعمر سبعة أسابيع إلى زيادة المحصول المبكر مقارنة باستعمال شتلات عمرها ٣-٦ أسابيع، وقل التباين فى وزن الرؤوس عندما كانت الشتلات فى عمر ١٣ أو ١٦ يومًا، مقارنة بعمر ٢٥ يومًا.

٢- تساوى محصول الكرنب الصينى عندما كان عمر الشتلات ٣-٦ أسابيع.

٣- لم يختلف محصول القنبيط الصالح للتسويق عند استعمال شتلات عمرها ٥-٨ أسابيع.

٤- أنتجت شتلات الأسبرجس التى كانت فى عمر ٨,٥ أسبوعًا نباتات أقوى نموًّا خضريًّا من تلك التى كان عمرها ٦ أو ٧ أسابيع، ولكنها تساوت مع الشتلات التى كان عمرها ١٠ أسابيع.

٥- أعطت شتلات الفلفل — التى كان عمرها ٦٠ يومًا — محصولاً مبكرًا أعلى من الشتلات التى كانت أصغر عمرًا.

٦- لم يختلف محصول الطماطم المبكر أو الكلى عندما استعملت شتلات يتراوح عمرها بين أسبوعين وستة أسابيع؛ ولذا .. أوصى باستعمال شتلات صغيرة لتقليل صدمة الشتل، ولتخفيض تكلفة إنتاج الشتلات (Leskovar وآخرون ١٩٩١).

وبالمقارنة .. حصل Weston & Zandstra (١٩٨٩) على أعلى محصول كلى من الطماطم عندما استعملت شتلات عمرها ٤-٥ أسابيع.

ويتضح من دراسات Leskovar & Cantliffe (١٩٩١) فى هذا الشأن أن نمو نباتات

الطماطم تساوى — فى الزراعة الربيعية — بولاية فلوريدا الأمريكية — عندما استعملت شتلات فى عمر ٤–٦ أسابيع، ولكن استعمال شتلات فى عمر ٤–٥ أسابيع أعطى أعلى محصول مبكر من الثمار الكبيرة، واستعمال شتلات عمرها ٤ أسابيع أعطى أعلى محصول كلى من الثمار الكبيرة، هذا بينما تساوى المحصول عندما استعملت شتلات فى عمر ٢–٥ أسابيع فى الزراعة الخريفية.

مواصفات الشتلة الجيدة

تكون الشتلة جيدة عندما تصل إلى الحجم المناسب، ويتوقف ذلك على المحصول. وعمومًا .. يجب أن يكون النمو الجذرى جيدًا ومتشبعًا، وأن يتراوح طول النمو الخضرى بين ١٠ و ١٥ سم، وألا تكون ساق البادرة عصيرية أو متخشبة، بل وسطًا بين ذلك. ويفضل أن تكون الأوراق جيدة النمو وذات لون أخضر داكن، بالإضافة إلى ضرورة خلو الشتلة من الآفات (شكل ٨–٤؛ يوجد فى آخر الكتاب).

وقد تؤدى عملية الأقلمة إلى اصفرار الأوراق السفلى بالشتلة. وقد تتلون عروق الورقة أو ساق الشتلة بلون أخضر مشوب بالأحمر أو البنفسجى، لكن هذه الأعراض سريعًا ما تزول، وتستعيد النباتات نموها الطبيعى عقب الشتل.

وتتوقف الفترة اللازمة لوصول النبات إلى الحجم المناسب للشتل على المحصول ودرجة الحرارة السائدة، فتطول فترة بقاء النبات فى المشتل فى الجو البارد، وتقل فى الحو الحار، وتتراوح عمومًا بين:

٤ و ٦ أسابيع فى الصليبيات.

٦ و ٨ أسابيع فى البانجانيات الثمرية.

٨ و ١٢ أسبوعًا فى الكرفس والبصل.

٤٠ و ٤٥ أسبوعًا فى الأسبرجس.

مواصفات الشتلات التى لا يجوز استعمالها

عندما تكون الشتلة طويلة ورهيفة وضعيفة، أو متقزمة، أو متخشبة، أو ذات نمو جذرى ضعيف، أو مصابة بالأمراض؛ فإنه لا يجوز استخدامها فى الزراعة، لأن النتيجة المؤكدة لذلك هى ضعف المحصول، وفشل الزراعة. وفيما يلى شرح للعوامل التى تؤدى إلى ظهور أى من الحالات السابقة الذكر؛ حتى يمكن تجنبها أو معالجة الأمر إذا استدعى الحال استخدامها فى الزراعة.

الشتلات الطويلة الرهيفة الضعيفة

تؤدى أى من العوامل الآتية — منفردة أو مجتمعة — إلى أن تصبح البادرات رهيفة (leggy):

١- تزاحم البادرات فى المشتل.

٢- زيادة الرطوبة الأرضية لفترة طويلة.

٣- عندما يميل الطقس إلى الحرارة المرتفعة مع زيادة الرطوبة الأرضية.

٤- انخفاض شدة الإضاءة أو التظليل.

وبصفة عامة .. فإن النباتات النامية فى الصوبات، أو فى المراقد الباردة أو المدفأة (خاصة تلك التى تكون مزدحمة، والتى تنمو فى جو مُلَبَّد بالغيوم) تكون رهيفة وعصيرية، وذات سلاميات طويلة بشكل غير طبيعى، ويقل بها الكلوروفيل، ويكون نموها الخضرى ذا لون أخضر شاحب مصفر، ويسود فيها تكوين الأنسجة البارنشيمية، ويقل تكوين الجدر الخلوية الملجننة أو المسوبرة.

كما يكثر فى مثل هذه الظروف مرض الذبول الطرى؛ حيث تهاجم الفطريات المسببة له أنسجة النباتات الضعيفة — بسهولة — بالقرب من مستوى سطح التربة.

ولا تصلح هذه الشتلات للشتل، وغالبًا ما تموت؛ نظرًا لنقص محتواها من الغذاء المخزن الذى يحتاج إليه النبات عقب الشتل لتكوين الجذور الجديدة. وتفيد عملية الأقلمة فى تحسين وضع مثل هذه النباتات إلى حد ما (Walker ١٩٦٩، و Edmond وآخرون ١٩٧٥).

الشتلات المتقزمة

يجب استبعاد الشتلات المتقزمة النمو عند الشتل. وقد يرجع التقزم إلى أحد العوامل التالية:

١- انخفاض درجة الحرارة، وفى هذه الحالة يكون النمو الجذرى طبيعيًا، ويظهر لون أحمر مشوب بالحمرة، أو بنفسجي بعروق الأوراق، وعلى قاعدة ساق النبات.

٢- الإصابة بالأمراض، سواء بالجذور(أعفان الجذور)، أم بقاعدة الساق (عفن الرقبة)، أم بالنمو الخضرى.

٣-زيادة تركيز الأملاح:

وفى هذه الحالة تتحلل بعض الأنسجة الورقية وتتلون بلون أسود. وقد ترجع زيادة تركيز الأملاح إلى تعقيم التربة فى درجة حرارة أعلى من ٧١°م، أو إلى زيادة التسميد. وتجب — إن أمكن — إزالة الأملاح الزائدة بالغسيل الجيد لتربة المشتل.

٤- نقص العناصر، وأهمها فى المشتل عنصرًا الآزوت والفوسفور. ويؤدى نقص الآزوت إلى تلون الأوراق — خاصة السفلية منها — بلون أصفر، بينما يؤدى نقص الفوسفور إلى ظهور لون قرمزى بالأوراق، خاصة على السطح السفلى وبالعروق والساق.

الشتلات المتخشبة

يرجع تخشب الشتلات إلى التمادى فى عملية الأقلمة، ويتوقف نمو هذه الشتلات لفترة أطولبعد الشتل. ويحتاج الأمر إلتشجيع النباتات على النمو عقب الشتل بتسميدها بالمحاليل البادئة، وهى محالل مخففة لبعض الأسمدة تضاف إلى جانب جذور النباتات أثناء شتلها.

ضعف النمو الجذرى

قد يرجع ضعف النمو الجذرى للشتلات إلى:

١سوء التهوية؛ بسبب زيادة الرطوبة الأرضية، أو رداءة الصرف.

٢- نقص مستوى التسميد.

٣-زيادة ملوحة التربة.

٤- انخفاض درجة الحرارة.

٥- تخلف مواد سامة فى تربة المشتل بعد التعقيم، أو بعد مكافحة الحشائش بالمبيدات (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

الإصابة بالأمراض

يعتبر مرض الذبول الطرى أو تساقط البادرات أهم أمراض المشاتل. فهذا المرض يقضى على النباتات وهى مازالت فى طور البادرة، وربما لا تموت بعض البادرات، لكنها تظل مصابة بالفطر عند قاعدة الساق. وغالبًا ما تتطور الإصابة فى هذه النباتات بعد شتلها.

والعامل الرئيسى المسبب لانتشار مرض تساقط البادرات هو ارتفاع الرطوبة الأرضية فى أرض المشتل بصفة دائمة، خاصة عندما يصاحب ذلك ارتفاع فى درجة الحرارة. ويمكن أحيانًا مشاهدة نمو أخضر طحلبى على سطح التربة فى المشاتل. ويعتبر ذلك دليلاً أكيدًا على زيادة الرطوبة، وضعف التهوية، ويصاحبه فى الغالب ظهور مرض تساقط البادرات.

أما آفات الجذور — مثل: النيماتودا، وفطريات الذبول — فهذه يجب تجنبها تمامًا؛ حتى لا تنتشر هذه الآفات من المشتل إلى الحقول بواسطة الشتلات المصابة.

تخزين وشحن الشتلات

إذا استدعى الأمر تأخير زراعة الشتلات لمدة يوم أو يومين بعد تقليعها، فمن المستحسن أن تحفظ جذورها فى بيت موس مبلل بالماء، مع تركها فى مكان مظلل. وإن لم يتوفر البيت موس، فإنه ينصح بلف الشتلة بالخيش، وخاصة حول الجذور والسيقان، وتركها فى مكان مظلل، مع تنديتها بالماء باستمرار حتى لا تجف الجذور. ولكن قد يؤدى بقاء الشتلات على هذا الوضع — فترة طويلة — إلى استهلاك الغذاء المخزن فيها بالتنفس، وفقدها للكوروفيل؛ وبالتالى ضعفها وصعوبة استعادتها نشاطها سريعًا بعد الشتل.

وإذا توفرت الإمكانات، فمن الممكن حفظ الشتلات بصورة جيدة لمدة ٣-٤ أيام فى حرارة ١٠-١٥ °م. ويؤدى التخزين فى حرارة ٤ °م إلى ضعف النباتات بعد الشتل. وتوضع جذور الشتلات أثناء التخزين فى بيت موس مبلل، أو قد تبقى عارية فى أكياس

بلاستيكية مثقبة. وفى كلتا الحالتين تُربط الشتلات فى حزم (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وقد أوضحت دراسات Yamazaki وآخرين (١٩٩٥) إمكانية المحافظة على النوعية الجيدة لشتلات الخيار والفلفل — أثناء تخزينها على حرارة ١٥ °م أو ٢٠ °م وهى نامية فى الأصص — برشها قبل التخزين بحامض الأبسيسك بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون. أدت هذه المعاملة إلى خفض معدل النتح ومنع استطالة السلاميات (وهو الأمر الذى حدث عند تخزين الشتلات — فى هذه الظروف — بدون معاملة بحامض الأبسيسك)، ومنع ذبول البادرات (وهو ما حدث عند التخزين على حرارة ٢٠ °م بدون معاملة).

وعند الرغبة فى نقل الشتلات لمسافات بعيدة — كما هى الحال عند بيع إنتاج المشاتل التجارية — فلابد من وضعها فى صناديق خشبية، أو بلاستيكية، أو فى أقفاص من الجريد، مع فرش أرضية العبوة وجوانبها بالقش المبلل، ولف جذور كل حزمة من الشتلات بالقش المبلل، أو إحاطتها بالبيت موس المبلل. وترص الحزم فى العبوة فى طبقات تفصل بينها طبقات من القش، أو البيت موس المبلل، ثم تغطى آخر طبقة بنفس الطريقة، وتندى الصناديق بالماء على فترات. ويمكن بذلك حفظ الشتلات لمدة يومين.

وقد وجد أن تخزين شتلات الطماطم على حرارة ٦ أو ١٣ °م مع تعريضها للضوء (١٢ ميكرومول/م^2/ثانية من الأشعة النشطة فى البناء الضوئى — فى محاكاة لظروف الشحن — حافظ على جودة الشتلات مقارنة بتخزينها على ١٩ °م أو فى الظلام، علمًا بأن الحرارة المنخفضة والإضاءة حافظتا على القدرة العالية على البناء الضوئى طوال فترة التخزين، وأن الشتلات — التى خزنت وهى تحمل عناقيد زهرية صغيرة جدًا، لكن ظاهرة للعين — أسقطت كثيرا من أزهار تلك العناقيد دون عقد — بعد الشتل — عندما كان تخزين الشتلات على ١٩ °م سواء أكان ذلك مع الضوء، أم فى الظلام (Kubota & Kroggel ٢٠٠٦).

الفصل التاسع

شتلات الخضر المطعومة

بدأ استخدام الشتلات المطعومة فى إنتاج الخضر فى جنوب شرق آسيا منذ ثلاثينيات القرن الماضى، ومن هناك انتقلت التقنية إلى أوروبا فى أواخر القرن، ثم انتقلت من أوروبا إلى أمريكا الشمالية، وانتشرت هناك انتشارًا واسعًا، ويدل على ذلك أنه فى عام ٢٠٠٨ كان ينتج ٤٠ مليون شتلة طماطم مطعومة سنويًّا. وقد صممت روبوتات قادرة على إجراء عملية التطعيم بشكل كامل، إلاّ إنه لم يتم التوسع فى استخدامها على نطاق تجارى بعد (Lee & Oda ٢٠٠٣، و Kubota وآخرون ٢٠٠٨).

إن الشتلات المطعومة هى تلك التى تطعم على أصول خاصة؛ بهدف التأثير على نموها، أو جعلها أكثر تحملاً لظروف بيئية معينة، أو لأن تلك الأصول تكون مقاومة لأمراض معينة تعيش مسبباتها فى التربة، وتصاب بها الأصناف المراد إنتاجها إن لم تطعم على تلك الأصول.

مزايا وعيوب الزراعة بشتلات الخضر المطعومة

المزايا

إن من أهم مزايا استخدام شتلات الخضر المطعومة فى الزراعة، ما يلى:

١- زيادة المحصول.

٢- تحفيز النمو الخضرى.

٣- تحمل الأمراض أو مقاومتها.

٤- تحمل النيماتودا ومقاومتها.

٥- تحمل الحرارة المنخفضة.

٦- تحمل الحرارة العالية.

٧- تحفيز امتصاص العناصر.

٨- تحفيز امتصاص الماء.

٩- تحمل الملوحة العالية فى التربة ومياه الرى.

١٠- تحمل غدق التربة.

١١- تحمل العناصر الثقيلة والملوثات العضوية.

١٢- إحداث تغيرات فى صفات الجودة.

١٣- زيادة فترة الحصاد.

١٤- السماح بتتابع الزراعة فى نفس الأرض.

العيوب

إن من أهم عيوب استخدام الشتلات المطعومة فى الزراعة، ما يلى:

١- الحاجة إلى بذور إضافية هى بذور الأصل.

٢- الحاجة إلى عمالة مدربة.

٣- الحاجة للاختيار المناسب لتوافقات الأصول مع الطعوم.

٤- ارتفاع أسعار الشتلات.

٥- زيادة احتمالات الإصابة بالأمراض التى تنتقل مع البذرة.

٦- النمو الخضرى الغزير بصورة زائدة.

٧- احتمال تأخر حصاد الثمار.

٨- تدهور صفات جودة الثمار (الطعم واللون والمحتوى العضوى).

٩- زيادة حالات الإصابة بالعيوب الفسيولوجية.

١٠-ظهور أعراض عدم التوافق فى مراحل متأخرة.

١١- الحاجة إلى نظم جديدة مختلفة للزراعة وعمليات الخدمة (Lee وآخرون ٢٠١٠).

ونتناول بعض من تلك المزايا والعيوب – فيما يلى – بمزيد من التفصيل.

دور التطعيم فى مكافحة أمراض الجذور

الأمراض التى تكافح بالتطعيم هى التى تصيب النباتات عن طريق الجذور وتعيش مسبباتها فى التربة. تنمو جذور الأصول المستعملة فى التطعيم بقوة، وتكون مقاومة لعديد من الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، أو تكون متحملة للإصابة بها. وتجدر الإشارة إلى أنه كثيرًا ما تنمو جذور عرضية من الطعوم، تكون عرضة للإصابة — بسهولة — بتلك الأمراض. ولكن النبات ذا المجموع الجذرى المزدوج يُظهر — دائمًا — قدرًا كبيرًا من المقاومة يقترب من مقاومة النباتات التى تعتمد على جذور أصولها فقط. وبينما لا تتوفر أية أدلة على انتقال خصائص القابلية للإصابة بأمراض الجذور من الطعوم إلى الجذور المقاومة لها، فإن العكس ليس صحيحًا؛ حيث تنتقل خصائص المقاومة للذبول الفيوزارى فى البطيخ — مثلاً — من الأصول إلى الطعوم القابلة للإصابة بالمرض، وتكسبها صفة المقاومة.

ومن أهم مسببات الأمراض التى تستخدم الأصول فى مقاومتها ما يلى:

الفطريات:

Fusarium
Verticillium
Phytophthora
Didymella bryoniae
Monosporascus cannonballus

البكتيريا

Pseudomonas solacearum

النيماتودا

Meloidogyne spp.

دور التطعيم فى تخفيز النمو الخضرى

إن من أهم العوامل التى تحفز النمو الخضرى للطعوم تحت تأثير بعض الأصول، ما يلى:

١- تشعب وزيادة كثافة المجموع الجذرى للأصل؛ الأمر الذى يفيد فى زيادة

امتصاص الماء والعناصر الغذائية إلى درجة قد يمكن معها خفض معدلات التسميد بمقدار النصف.

٢- إنتاج بعض الأصول لتركيزات عالية من السيتوكينينات التى تنتقل مع عصير الخشب لتسهم إيجابيًّا فى زيادة قوة النمو الخضرى للطعم.

إن الزيادة فى قوة النمو الخضرى للطعوم تحدث أساسًا بفعل الهرمونات التى تنتجها الأصول، وخاصة السيتوكينينات التى تُصنَّع فى الجذور، وتنتج بتركيزات عالية فى أصول الخيار. ومن بين الهرمونات التى وجدت فى عصارة الخشب الصاعدة من الأصول كل من: الزياتين t-zeatin، وحامض الجبرلليك، وإندول حامض الخليك، وحامض الأبسيسك. وقد تباينت الأصول المستعملة مع الباذنجان — كثيرًا — فى محتوى عصارة أنسجة الخشب فيها من تلك الهرمونات.

٣- تؤدى زيادة القدرة على تحمل الإصابات المرضية أو مقاومتها إلى تحفيز النمو الخضرى وإلى تقليل الحاجة إلى استخدام المبيدات فى الزراعة (Lee وآخرون ٢٠١٠).

دور التطعيم فى التأثير على نوعية الثمار

لقد وجد أن استعمال أصول معينة للبطيخ يؤدى إلى زيادة حجم الثمار عما فى النباتات غير المطعومة. كذلك تؤثر الأصول على عديد من الصفات الثمرية الأخرى؛ مثل: شكل الثمرة، ولون الجلد ومدى نعومته، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية. وفى الخيار .. تتأثر كثافة الطبقة الشمعية على الثمار Bloom ولون الثمار الخارجى بالأصول المستعملة. ولكن .. باستثناء تأثير الأصول على حجم الثمرة، فإن معظم تأثيرات الأصول على الثمار تكون سلبية (عن Lee ١٩٩٤، و Martinez-Ballesta ٢٠١٠).

فيؤثر الأصل سلبيًّا على صفات جودة ثمار الطعم من نواح عدة كما يلى:

١- أدى استخدام *Cucurbita moschata* كأصل لشهد العسل إلى تدهور قوام وطعم الثمار.

٢- أدى استخدام أنواع الجنس *Cucurbita* كأصول لصنف الكنتالوب Earl's Favorite إلى ضعف شبكية الثمار وانخفاض محتواها من السكر بمقدار ٢ إلى ٣ قراءة Brix.

٣- لا يُستخدم الهجين النوعى Shin-tosa (وهو: *C. maxima* x *C. moschata*) – المقاوم للذبول الفيوزارى – كأصل للكنتالوب لأنه يؤدى إلى تدهور صفات الثمار؛ فيقل محتواها من السكر، وتتعرض للتخمر الكحولى، ويصبح اللب ليفيًّا.

٤- كذلك أدى تطعيم البطيخ على الهجن النوعية للجنس *Cucurbita* إلى غزارة النمو الخضرى وشدة صلابة لب الثمرة وانخفاض محتواها من السكر (Davis وآخرون ٢٠٠٨).

وغالبًا ما يكون لأصول أنواع الجنس *Cucurbita* تأثيرات سلبية على جودة الثمار. ففى البطيخ يكون لب الثمرة صلبًا ومتليفًا، وفى الكنتالوب يكون جلد الثمرة منقطًا بانخفاضات وبقع خضراء، مع سرعة تخمر اللب. ويرجع ذلك إلى أن تلك الأصول تحفز النمو الخضرى الغزير. ولذا .. يفضل استعمال أصول من *C. moschata* التى تكون أقل تحفيزًا للنمو الخضرى عن غيرها.

ومن أبرز الصفات الثمرية التى تتدهور بفعل استخدام أصول معينة فى القرعيات، ما يلى:

١- فى البطيخ:

ينخفض محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ويزداد تواجد الشرائط الصفراء فى اللب، وقد يكون الطعم رديئًا، ويزداد تليف اللُب، وتقل صلابته.

٢- فى الكنتالوب:

ينخفض محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، ويدوم اللون الأخضر فيما بين تضليعات الثمرة (sutures) حتى بعد النضج، وتتدهور صلابة الثمار، ويتليف اللب، ويتكون طعم غير مقبول.

وعمومًا .. فإن نتائج الدراسات متضاربة بشأن تأثير الأصول على صفات جودة الثمار (Davis وآخرون ٢٠٠٨).

وقد كان للأصل المستخدم لتطعيم الكنتالوب (هجينان نوعيان من الكوسة، هما: Strong Tosa، و Tetsukabuto) تأثيرًا جوهريًّا على القدرة التخزينية لثمار الكنتالوب صنف Athena، وإن لم يؤثر جوهريًّا على محصول الثمار، كما اختلفت استجابة ثمار

الكنتالوب للمعاملة بمضاد الإثيلين 1-MCP (وهو: 1-methylcyclopropene)، باختلاف الأصل المستعمل؛ حيث كان النضج أسرع — حتى مع المعاملة بالـ 1-MCP — فى حالة استعمال الأصل Tesukabuto عما فى حالة الأصل Strong Tosa؛ الأمر الذى ترافق فى حالة الأصل الأول مع زيادة فى إنتاج الإثيلين ومعدل التنفس (Zhao وآخرون ٢٠١١).

هذا .. إلا أن الأصول قد يكون لها تأثيرات إيجابية على صفات جودة الثمار. لكن النتائج متضاربة فى هذا الشأن، وتكون تلك التأثيرات — غالبًا — من خلال تأثير الأصل فى زيادة امتصاص العناصر الغذائية من التربة. وفى تأثيره على النمو الخضرى للطعم، وفى توقيت الإزهار والحصاد. كما قد يكون للأصل تأثيرات وراثية على الطعم؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح فى موضع آخر.

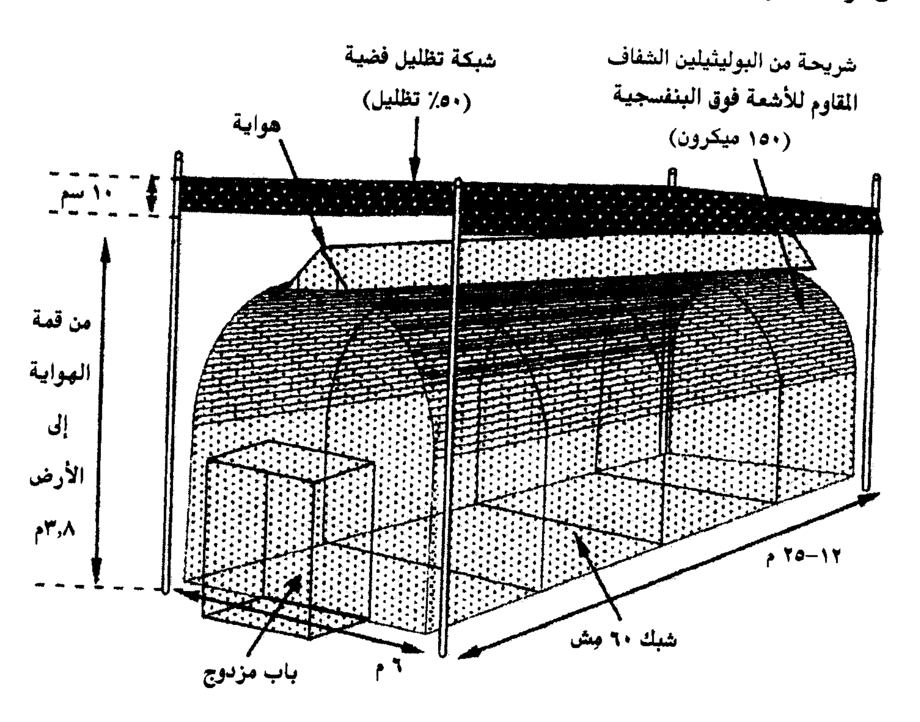
وعمومًا .. فإن نتائج الدراسات متضاربة بشأن تأثير الأصول على صفات جودة الثمار (Davis وآخرون ٢٠٠٨).

الإنشاءات التى تلزم لإنتاج الشتلات المطعومة

يلزم لإنتاج الشتلات المطعومة صوبة سلكية screenhouse ومكان لتحضين الشتلات المطعومة grafting chamber. تستخدم الصوبة السلكية لإنتاج البادرات قبل تطعيمها ولأجل أقلمتها قبل شتلها. أما الـ grafting chamber (حجرة أو صوبة التحضين) فتوضع فيه الشتلات بعد تطعيمها مباشرة ولمدة أسبوع تتوفر فيه خلالها رطوبة نسبية عالية وإضاءة منخفضة الشدة، وذلك لحين التحام الطعم مع الأصل.

تقام الصوبة السلكية (شكل ٩-١) باستعمال شبكة نيلون ذات ٦٠ مِش mesh (٦٠ ثقب فى كل بوصة طولية) لاستبعاد الحشرات الناقلة للفيروسات مثل المنّ والذبابة البيضاء (علمًا بأن الشبكات ذات الـ ٣٢ مِش تسمح بنفاذ الذبابة البيضاء)، وتجهز الصوبة بباب مزدوج لتقليل فرصة دخول الحشرات مع العاملين. وإذا ما اكتشف وجود أى حشرات داخل الصوبة فإنه يتعين قتلها فى الحال. ويجب تغطية النصف العلوى من الصوبة بطبقة منفصلة من البوليثيلين الشفاف المقاوم للأشعة فوق البنفسجية. وتوضع شبكة تظليل توفر ٥٠٪ تظليل فوق أعلى نقطة من الصوبة بنحو ٣٠ سم لخفض شدة الإضاءة ودرجة الحرارة. وقد يحتاج

الأمر إلى تظليل إضافى داخل الصوبة السلكية خلال اليومين إلى الثلاثة أيام الأولى بعد نقل الشتلات من الـ chamber لأجل أقلمتها. وعند زيادة عرض الصوبة السلكية عن ٦ أمتار يفضل تركيب هواية بامتداد طول الصوبة لخفض تراكم الحرارة فيها.

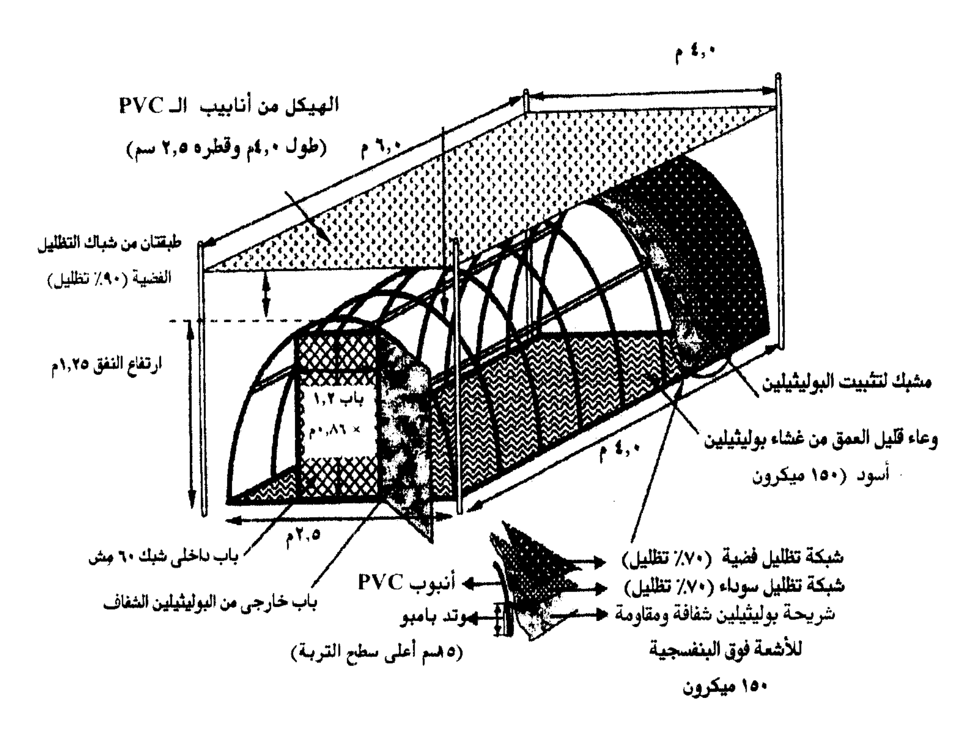


شكل (٩-٢): تخطيط لصوبة سلكية تناسب إنتاج الشتلات المطعومة.

أما حجرة أو صوبة التحضين (شكل ٩-٢) فهى تصمم للمحافظة على رطوبة نسبية عالية وخفض شدة الإضاءة لتقليل ارتفاع الحرارة. تغطى الحجرة بشريحة من البوليثيلين التى تحافظ على الرطوبة التى تتبخر من حوض واسع مملوء بالماء أو من أرضية الحجرة التى تكون مغطاة بشريحة بلاستيكية. وتغطى الحجرة بشباك تظليل لخفض نفاذ الأشعة الشمسية. ويوجد فوق قمة الحجرة — وعلى ارتفاع ٥٠ سم من أعلى جزء منها — شبكة تظليل أخرى لمزيد من خفض نفاذ الأشعة الشمسية، وتسمح بتحرك الهواء لتقليل ارتفاع الحرارة. ويمكن التحكم فى شدة الإضاءة — حسب الحاجة — بوضع أو إزالة شباك التظليل. هذا وتستخدم

أنابيب الـ PVC فى عمل هيكل حجرة التحضين، وتغطى أرضية الحجرة بشريحة من البوليثيلين الأسود بسمك ١٥٠ ميكرون تشبك حوافها — بعد رفعها لأعلى — بهيكل الحجرة؛ ليمكن حفظ الماء عليها. وتوضع قوالب أسمنتية فى صفوف على الأرض ليوضع عليها صوانى الشتلة فوق مستوى الماء.

يتكون الغطاء من شريحة من البوليثيلين الشفاف المقاوم للأشعة فوق البنفسجية، بسمك ١٠٠ ميكرون. أما الغطاءان الشبكيان فإن الخارجى منهما يكون فضى اللون لعكس الضوء، ويكون كلاهما أعلى شريحة البوليثيلين. وتثبت كل هذه الأغطية بهيكل الحجرة بالمشابك. وبينما يغطى الباب الداخلى بشبكة نيلون ذات ٦٠ مش (أى ٦٠ فتحة فى كل بوصة طولية)، فإن الباب الخارجى يغطى ببوليثيلين شفاف (Black وآخرون ٢٠٠٣)



شكل (٩-٢): تخطيط لحجرة أو صوبة التحضين لإنتاج الشتلات المطعومة.

الأصول المستعملة فى إنتاج الخضر المطعومة

تتباين أنواع الأصول المستخدمة فى إنتاج الخضر المطعومة باختلاف المحصول والهدف من عملية التطعيم، كما تختلف طريقة التطعيم المناسبة باختلاف الأصل المستعمل، كما يظهر فى جدول (٩-١).

جدول (٩-١): الأصول المستعملة، وطريقة التطعيم المناسبة، والهدف من التطعيم فى مختلف محاصيل الخضر.

الخضر		الأصول الشائعة الاستعمال[أ]	طرق التطعيم[ب]	الهدف من التطعيم[جـ]
البطيخ	الجورد	*Lagenaria siceraria* var. *hispida*	١	١، ٢
	هجن نوعية		١، ٢	١، ٢، ٣
	الجورد الشمعى	*Benincasa hispida*	١، ٣	١، ٢
الخيار	القرع	*Cucurbita pepo*	٢، ٣	١، ٢، ٣
	القرع	*Cucurbita moschata*	١، ٢	١، ٢، ٣
	الخيار الشوكى	*Sicyos angulatus*	٢	٥
	الجورد	*Cucurbita ficifolia*	٢	١، ٢، ٣
	هجن نوعية		١، ٢	١، ٢، ٣
القاوون	الهجين	*Cucurbita maxima* x *C. moschata*	٢	١، ٢، ٤
الطماطم	الخيار	*Cucumis sativus*	٢	١، ٢
	الخيار الشوكى	*Sicyos angulatus*	٢	٢، ٥
		Cucumis melo	٢، ٣	١
الباذنجان		*Lycopersicon pimpinellifolium*	٣	٥
		Lyecopersicon hirsutum	٣	٥
		Lycopersicon esculentum	٣	٥
		Solanum integrifolium	٢، ٣	٦
		Solanum torvum	٢، ٣	٧

أيتوفر عديد من الأصناف والسلالات المستعملة كأصول من كل نوع.

ب-طرق التطعيم: ١-الإيلاج فى حفرة hole insertion، ٢-اللسانى tongue، ٣-التطعيم بالشق cleft.

جـ- أهداف التطعيم: ١- مكافحة الذبول الفيوزارى، ٢- تحفيز النمو، ٣- تحمل الحرارة المنخفضة، ٤- إطالة موسم النمو، ٥-مكافحة النيماتودا، ٦-مكافحة الذبول البكتيرى، ٧- تقليل الإصابة الفيروسية.

ونلقى مزيدًا من الضوء على الأصول المستعملة مع مختلف محاصيل الخضر فيما يلى:

الطماطم والفلفل والباذنجان

يبين جدول (٩-٢) أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان والأمراض التى يقاومها كل أصل منها.

جدول (٩-٢): أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان، والأمراض التى يقاومها كل أصل منها (عن Lee ١٩٩٤).

الأصل	أهم أمراض الطماطم[أ]					
	الذبول البكتيرى	الذبول الفيوزارى	*Verticillium dahliae*	*Pyrenochaeta lycopersici*	نيماتودا تعقد الجذور	فيرس موزايك التبغ
BF	R	R	S	S	S	S
LS89	R	R	S	S	S	S
PFN	R	R	S	S	R	S
PFNT	R	R	S	S	R	R
KNVF	S	R	R	R	R	S
KNVFTM	S	R	R	R	R	R
Signal	S	R	R	R	R	R
KCFT-N	S	R	S	R	R	R

(أ) : R = مقاوم Resistant، S = قابل للإصابة Susceptible.

وجميع هذه الأصول عبارة عن هجن ناتجة من تلقيح الطماطم مع النوع البرى *Lycopersicon hirsutum*. وتُشير الحروف المستخدمة فى تكوين أسماء الأصول إلى خاصية مقاومتها للأمراض المختلفة كما يلى:

الرمز	المرض المعنىّ	
F	الذبول الفيوزارى	Fusarium Wilt
V	ذبول فيرتسيليم	Verticillium Wilt

الرمز	المرض المعنىّ	
K	عفن الجذور البنى والفلينى	Brown & Corky Root Rot
N	نيماتودا تعقد الجذور	Root Knot Nematode
T أو Tm	فيرس موزايك التبغ	Tobacco Mosaic Virus
F_2	الذبول الفيوزارى (سلالة رقم ٢، بالإضافة إلى السلالة العادية رقم صفر).	
B	الذبول البكتيرى Bacterial Wilt	

وتستخدم شركة تاكى — اليابانية — للبذور أصولاً مقاومة للأمراض — جميعها من الهجن — فى تطعيم الطماطم، كما يلى:

الأصل	الأمراض التى يقاومها
Helper-M	B, V, F1, F2, N
Achilles-M	B, V, F1, N
Ti-up No.1	K, N, V, F1, $Tm\text{-}2^a$
Ti-up No.2	K, N, V, F1, F2, $Tm\text{-}2^a$
Anchor-T	B, V, F1, F2, N, $Tm\text{-}2^a$
New No.1	K, N, V, F1
Healthy	B, V, F1, N
Kage	B, N, V, F2, $Tm\text{-}2^a$

ومن الرموز الجديدة التى جاءت فى قائمة الأمراض التى تقاومها تلك الأصول: F1 ويعنى المقاومة للسلالة الأولى (رقم صفر) من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى، و $Tm\text{-}2^a$ ويعنى احتواء الأصل على الجين $Tm\text{-}2^a$ الذى يعد من أقوى جينات المقاومة لفيرس موزايك التبغ. وجميع الأصول الهجين المبينة أعلاه والتى لا تحمل الجين $Tm\text{-}2^a$ تحمل الجين الآخر Tm-1 لمقاومة فيرس موزايك التبغ. وتوصى الشركة بأن تُطعَّم أصناف الطماطم التى تحمل الجين $Tm\text{-}2^a$ على أصول تحمل المقاومة نفسها، وكذلك تُطعّم الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 على أصول بها الجين نفسه.

ودرس Masuda & Furusawa (١٩٩١) تأثير استعمال الأصول المقاومة للأمراض KNVF-R3، و LS-89، و TVR-2 على محصول ونوعية ثمار الطماطم، ووجدا أن المحصول لم يختلف جوهريًّا باختلاف الأصل المستعمل، ولكن أدت جميع الأصول إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار بعد العنقود السادس. وحُصِلَ على أعلى نسبة من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة فى عصير الثمار عندما استعمل الأصل KNVF-R3.

وقد حصل Matsuzoe وآخرون (١٩٩٣) على توافق تام بين الطماطم كطعم وكل من: *Solanum sisymbriifolium*، و *S. torvum*، و *S. toxicarium* كأصول مقاومة للأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، ولكن الأصل الأول فقط (*S. sisymbriifolium*) هو الذى لم يكن له تأثير سلبى على نمو ومحصول الطماطم فى مدى واسع من الظروف البيئية.

وُوجد أن نباتات الطماطم المطعومة على أصل من نوع الباذنجان *Solanum integrifolium* (المعروف باسم scarlet eggplant) يقل محصولها وتزداد فيها إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى، ويضعف نموها، بينما يزداد محتوى ثمارها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، كما يزداد محتوى أوراقها من الكلوروفيل. ويبدو أن نباتات الطماطم المطعومة على ذلك الأصل تكون فى حالة من الشدِّ المائى (Oda وآخرون ١٩٩٦).

ومن الأصول المستعملة مع الباذنجان هجينا الباذنجان Meet، و Caravan وكلاهما مقاوم لكل من مرضى الذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم.

ويبين جدول (٩-٣) الأصول الشائعة الاستخدام لكل من الطماطم والفلفل والباذنجان ومواصفاتها.

جدول (٩-٣): أصول المحاصيل الباذنجانية الشائعة الاستخدام ومواصفاتها (عن Lee ٢٠١٠).

الأصل الجذرى	الطعم	الخصائص
S. lycopersicum L.	الطماطم	قوة النمو والمقاومة للفيرس
S. lycopersicum L.	الطماطم	تحمل الحرارة العالية
S. habrochaites S. Knapp & D. M. Spooner	الطماطم	مقاومة الجذر الفلينى
Solanum spp.	الطماطم	المقاومة للذبول البكتيرى والنيماتودا
S. laciniatum Ait.	الطماطم	المقاومة لغدق التربة
S. integrifolium Poir.	الطماطم	زيادة محتوى السكر
S. sisymbrifolium Lam.	الطماطم	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. torvum Sw.	الطماطم والباذنجان	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. toxicarium Lam.	الطماطم	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. melongena L.	الطماطم	المقاومة المتعددة للأمراض
S. nigrum L.	الطماطم	التحكم فى حجم وجودة الثمار
S. lycopersicum L. x *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner	الطماطم	قلة الإصابة بالفيوزيم
S. lycopersicum L. x *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner	الطماطم	المقاومة المتعددة للأمراض
S. lycopersicum L.	الطماطم	المقاومة للجذر الفلينى وذبول فيرتسلليم والذبول الفيوزارى والنيماتودا وزيادة المحصول
S. melongena L.	الطماطم	تحمل الحرارة المنخفضة والمرتفعة
S. lycopersicum L.	الطماطم	المقاومة لعفن الجذر البنى
Solanum torvum Sw.	الباذنجان	المقاومة للنيماتودا
S. torvum Sw. x *S. sanitwongsei* Craib.	الباذنجان	المقاومة للذبول البكتيرى
S.integrifolium Poir. x *S. melongena* L.	الباذنجان	تحمل الحرارة العالية
C. annuum L. x C. *chinensis* jacq.	الفلفل	نمو جيد ومحصول عال

وأدى تطعيم الطماطم على التبغ إلى تبكير إزهار الطماطم بنحو ١٥ يومًا، وزيادة الإزهار والإثمار، وزيادة محصول الثمار الكلى بمقدار ٥٪، و ٣٠,١٪ فى صنفين من الطماطم (هما: Sweet، و Elazig، على التوالى). ولقد كان مستوى النيكوتين فى ثمار تلك النباتات المطعمة على أصول من التبغ فى المدى الآمن. وعلى الرغم من أن نباتات

الكنترول (المطعمة على أصل من نفس صنف الطماطم) أظهرت هى الأخرى – تبكيرًا فى الإزهار بنحو ١١ يومًا، إلا أن محصولها انخفض بمقدار ٦٪، و ٧,٦٪ فى الصنفين السابقين، على التوالى (Yasinok وآخرون ٢٠٠٩).

البطيخ

من الأصول المستعملة مع البطيخ ما يلى:

أ– هُجن القرع: Tetsukabuto، و Patron، و Kirameki، و Just.

ب– هجن الجورد: Friend، و Round Fruited.

جـ– هجين البطيخ: Toughness.

وجميعها مقاومة لمرض الذبول الفيوزارى.

يُعد *Lagenaria siceraria* أكثر أصول البطيخ شيوعًا يليه *Cucurbita* spp.، ثم *Benincasa hispida*، ثم أصناف البطيخ المقاومة للذبول الفيوزارى.

يتميز *L. siceraria* بتوافقه الكبير مع البطيخ، وبمقاومته العالية لفطريات الذبول الفيوزارى لمختلف القرعيات فيما عدا المقاومة للفطر الذى يصيبه ذاته. كذلك يؤدى تطعيم البطيخ عليه إلى تحسين نموه فى الحرارة المنخفضة وتحسين تطوره دون حدوث أى تأثيرات سلبية على صفات جودة الثمار. وتستخدم الأصناف الهندية من *L. siceraria*، أو الهجن بينها وبين الأصناف اليابانية كأصول للبطيخ.

ويتباين توافق الـ *Cucurbita* spp. مع البطيخ باختلاف الصنف. وبصورة عامة .. يوجد توافق عالٍ بين البطيخ وكل من *C. moschata*، و *C. pepo* والهجن النوعى *C. maxima* × *C. moschata*، بينما يكون التوافق ضعيفًا بين البطيخ و *C. maxima*. هذا .. إلاّ أن التوافق يختلف بين الأصناف حتى فى النوع الواحد. وتتميز الـ *Cucurbita* spp. بأعلى مقاومة للذبول الفيوزارى، وأعلى قدرة على تحمل الحرارة المنخفضة بين أصول البطيخ. ينمو البطيخ المطعوم على *Cucurbita* spp. بغزارة شديدة، مما يجعل حمل الثمار غير مستقرًا أو ثابتًا، مع رداءة فى نوعية الثمار. لهذا السبب فإن *C. moschata*،

والهجن النوعية لـ *Cucurbita* spp. — الأقل تحفيزًا للنمو الخضرى للبطيخ — هى الأكثر شيوعًا كأصول للبطيخ بين أصول الـ *Cucurbita*.

يتميز *Benincasa hispida* — كذلك — بتوافقه العالى مع البطيخ وبمقاومته للذبول الفيوزارى، كما أنه يحفز البطيخ على النمو الجيد دون أن يؤثر فى صفات جودة الثمار. هذا .. إلاّ إنه لا ينمو جيدًا فى الحرارة المنخفضة؛ ولذا .. فإنه لا يصلح كأصل للبطيخ فى الفترات الباردة.

أما أصناف البطيخ المقاومة للذبول الفيوزارى فإنها تكون — بطبيعة الحال — متوافقة مع طعوم البطيخ، وتكون صفات ثمار البطيخ المطعوم على البطيخ أفضل، لكن يصعب إجراء التطعيم عليه نظرًا لدقة (عدم تخانه) السويقة الجنينية السفلى لبادراته (Kawaide ١٩٨٥).

الكنتالوب (القاوون)

من الأصول المستعملة مع القاوون ما يلى:

أ- هجينا القرع: Tetsukabuto، و Just.

ب- هجين القاوون: Base.

وجميعها مقاومة لمرض الذبول الفيوزارى (عن كتالوج لشركة Takii Seed).

تستخدم الهجن النوعية للجنس *Cucurbita* كأصول للكنتالوب، ولكن كثيرًا ما تستخدم أصناف الكنتالوب المقاومة للذبول الفيوزارى كأصول، وخاصة فى الزراعات المحمية التى تكون صفات جودة الثمار المنتجة فيها أهم من التأقلم البيئى للنباتات على ظروف النمو، وهى التى يكون متحكمًا فيها فى تلك الزراعات المحمية. ويقتصر استعمال الهجن النوعية للجنس *Cucurbita* على الزراعات الحقلية، لكنها قد تؤثر على صفات جودة الثمار بسبب تحفيزها للنمو الغزير. وأقلها تأثيرًا فى هذا الشأن هو *C. moschata*، وهو الأكثر انتشارًا كأصل للكنتالوب. ويجب أن يؤخذ فى الحسبان أن الأصل الواحد يظهر تباينًا فى التوافق بين مختلف أصناف الكنتالوب المستخدمة كطعوم (Kawaide ١٩٨٥).

وقد أدى تطعيم صنف الكنتالوب Proteo على الأصل P360 (وهو هجين نوعى *Cucurbita maxima* x *C. moschata*) إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٩٪، وزيادة كفاءة استخدام النيتروجين بنسبة ١١,٨٪، وكفاءة امتصاص النيتروجين بنسبة ١٦,٣٪ مقارنة بالوضع فى نباتات Proteo التى لم تُطعم (Colla وآخرون ٢٠١٠).

الخيار

عند زراعة الخيار فى المواسم الباردة فإنه يجب أن يُطعم على الجورد *Cucurbita ficifloia*، الذى يزداد نموه بانخفاض حرارة التربة عن ٢٠°م (عن Kanahama ١٩٩٤)، بينما يوصى عند زراعة الخيار فى المواسم الحارة بتطعيمه على الأصل Sintozwa، وهو هجين نوعى.

ويُظهر الخيار الشوكى bur-cucumber (وهو *Sicyos angulatus*) الذى وجد ناميًا بريًا فى كوريا — توافقًا جيدًا مع الخيار (وكذلك مع البطيخ)، وهو مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور، ويحفز النمو المبكر للطعوم (عن Lee ١٩٩٤).

ويقاوم الأصل *C. ficifolia* — الشائع الاستعمال مع الخيار والبطيخ — كلا من الذبول الفيوزارى والفطر *Phomopsis sclerotioides* (عن Fletcher ١٩٨٤).

وقد وجد Weng وآخرون (١٩٩٣) أن تطعيم الخيار على الجورد *C. ficiflolia* أدى — مقارنة بعدم التطعيم — إلى زيادة المساحة الورقية بمقدار ٤٤٪–٧٠٪، ومحتوى الكلوروفيل بمقدار ٣,٦٪–١١,٧٪، كما أدى إلى زيادة فى مقاومة النباتات لكل من البياض الدقيقى وفِطْرَى الفيوزاريم والبثيم *Pythium*، وزيادة المحصول المبكر بنسبة ٣٠٪–٩٠٪، والمحصول الكلى بنسبة ١٥٪–٤٧٪.

يستخدم أنواع الجنس *Cucurbita* كأصول للخيار بصفة أساسية، ولكن يستعمل *Sicyos angulatus* أحيانًا. يتميز الخيار المطعوم على أنواع الجنس *Cucurbita* بقوة نموه. ويستخدم *C. ficifolia* — الذى يتميز بقدرته العالية على تحمل الحرارة المنخفضة — كأصل فى الجو البارد. ويتميز *C. moschata* والهجن النوعية بين أنواع الجنس *Cucurbita* بتحملها لغدق

التربة. وعلى الرغم من تباين التوافق مع الخيار والمقاومة للذبول الفيوزارى بين الأصناف، فإن مجموعة الشنتوزا Shintosa group (وهى الهجين النوعى *C. maxima* x *C. moschata*)، و *C. ficifolia*، و Sirokikuza (وهو: *C. moschata*) تتميز بكل من توافقها مع الخيار، ومقاومتها للذبول الفيوزارى بقدر مناسب.

ويتميز *Sicyos angulatus* بتوافقه العالى مع كل من الخيار والبطيخ، وبمقاومته للذبول الفيوزارى ولنيماتودا تعقد الجذور، لكن يعيبه تباينه فى صفتى التوافق ومقاومة الذبول الفيوزارى باختلاف أماكن جمع البذور، وعدم تجانس إنبات بذوره (بسبب وجود بذور صلدة)، وصعوبة إجراء التطعيم عليه لدقة (قلة تخانة) السويقة الجنينية السفلى لبادراته (Kawaide ١٩٨٥).

وقد وجد أن استخدام *Cucurbita moschata* كأصل للخيار يمكن أن يقلل من التأثيرات الضارة لشدّ قلوية التربة على نباتات الخيار (Roosta & Karimi ٢٠١٢).

ويبين جدول (٩-٤) الأصول الشائعة لاستخدام لكل من البطيخ والكنتالوب والخيار ومواصفاتها.

وتتعدد الأصناف التى تستخدم من مختلف الأصول. وبالنسبة لأصول القرعيات فإن الأصناف المسجلة من كل منها فى الصين للاستخدام مع مختلف القرعيات تتباين كما يلى:

الأصل	العدد لكل محصول من القرعيات
Lagenaria siceraria	٦ للبطيخ، و ٢ للخيار
Cucurbita moschata	٤ للبطيخ، و ٥ للخيار، و ٦ للكنتالوب، و ٢ للشمام المر، و ٢ للجورد الشمعى
C. maxima x *moschata*	٤ للبطيخ، و ٢ للخيار، و ٥ للكنتالوب
C. maxima	١ للبطيخ، و ١ للجورد الشمعى
Citrullus lunatus	١ للبطيخ
Cucurbita ficifolia	٧ للخيار، واحد للكنتالوب، و ١ للشمام المر، و ١ للكوسة و ١ للجورد الشمعى، و ١ للوف
Luffa acutangula	٢ للشمام المر
Luffa cylindrica	٣ للشمام المر

جدول (٩-٤) صفحتين عريضيتين

جدول (٩-٤): أصول محاصل القرعيات الشائعة الاستخدام ومواصفاها (عن Lee ٢٠١٠).

القرعيات وأصولها	أصناف الأصل[أ]	الصفات الرئيسية[ب]	العيوب المحتملة
البطيخ			
Bottle gourd (*Lagenaria siceraria* L.)	**Dongjanggoon, Bulrojangsaeng, Sinhwachangio (Korea), FR Dantos, Renshi, Friend, Super FR Power (Japan)**	**VRS, FT, LTT**	قابل للإصابة بالأنثراكنوز
Squash (*Cucurbita moschata* Duch.)	**Chinkyo, No. 8, Keumkang (Korea)**	**VRS, FT, LTT**	رداءة شكل وجودة الثمار
Interspecific hybrid squash (*Cucurbita maxima* × *C. moschata*)	**Shintozwa, Shintozwa #1, Shintozwa #2, Chulgap, (Japan, China, Taiwan, Korea)**	**VRS, FT, LTT, HTT, SV**	ضرورة خفض معدلات التسميد مع احتمال انخفاض جودة الثمار
Pumpkins (*Cucurbita pepo* L.)	**Keumsakwa, Unyong, Super Unyong**	**VRS, FT, LTT**	
Wintermelon (*Benincasa hispida* Thunb.)	**Lion, Best, Donga**	**GDR**	عدم التوافق
Watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. Et Nakai]	**Kanggang, Res. #1, Tuffnes (Japan), Ojakkyo (Syngenta)**	**FT**	عدم كفاية قوة النمو والمقاومة للأمراض
African Horned (AH) cucumber (*Cucumis metuliferus* E. Mey. Ex Naud)	**NHR1-1**	**FT, NMT**	ضعف التوافق
الخيار			
Figleaf gourd (*Cucurbita ficifolia* Bouche)	**Heukjong (blac seeded figleaf gourd)**	**LTT, GDT**	ضعف التوافق
Squash (*Cucurbita moschata* Duch.)	**Butternut, Unyong #1, Super Unyong**	**FT, FQ**	يتأثر بالفيتوفثورا
Interspecific hybrid squash (*Cucurbita maxima* Duch. × *C. moschata* Duch.)	**Shintozwa, Keumtozwa, Ferro RZ. 64-05 RZ, Gangryuk Shinwha**	**FT, LTT**	انخفاض قليل فى جودة الثمار

تابع جدول (٩–٤).

القرعيات وأصولها	أصناف الأصل[أ]	الصفات الرئيسية[ب]	العيوب المحتملة
Bur cucumber (*Sicyos angulatus* L.)	Andong	FT, LTT, SMT, NMT	انخفاض المحصول
AH cucumber (*Cucumis metuliferus* E. Mey. Ex Naud)	NHR1-1	FT, NMT	ضعف تحمل الحرارة
الكنتالوب			
Squash (*Cucurbita moschata* Duch.)	Baekkukzwa, No. 8, Keumkang, Hongtozwa	FT, LTT	الإصابة بفيتوفثورا
Interspecific hybrid squash (*Cucurbita maxima* Duch. × *C. moschata* Duch.)	Shintozwa, Shintozwa #1, Shintozwa #2	FT, LTT, HTT, SMT	الإصابة بفيتوفثورا وضعف جودة الثمار
Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.)	Keumsakwa, Unyong, Super Unyong	FT, LTT and HTT, SMT	الإصابة بفيتوفثورا
Melon (*Cucumis melo* L.)	Rootstock #1, Kangyoung, Keonkak, Keumgang	FT, FQ	مشكلة الفيتوفثورا
AH cucumber (E. Mey. Ex Naud)	NHR1-1	FT, LTT, SMT, NMT	ضعف تحمل الحرارة

(أ) تتباين أصناف الأصول كثيرًا باختلاف الظروف البيئية وطرق التطعيم.

(ب) VRS: vigorous root systems; FT: *Fusarium* tolerance; LTT: low temperature tolerance; ST: strong vigor; HTT: high temperature tolerance; GDT: good disease tolerance; GDR: good disease resistance; NMT: nematode tolerance; SMT: high soil moisture tolerance; FQ: fruit quality modification.

طرق التطعيم

تجرى عملية التطعيم — عادة — فى طور البادرة، وقبل بزوغ الورقة الحقيقية الأولى — من بين الفلقتين — فى القرعيات.

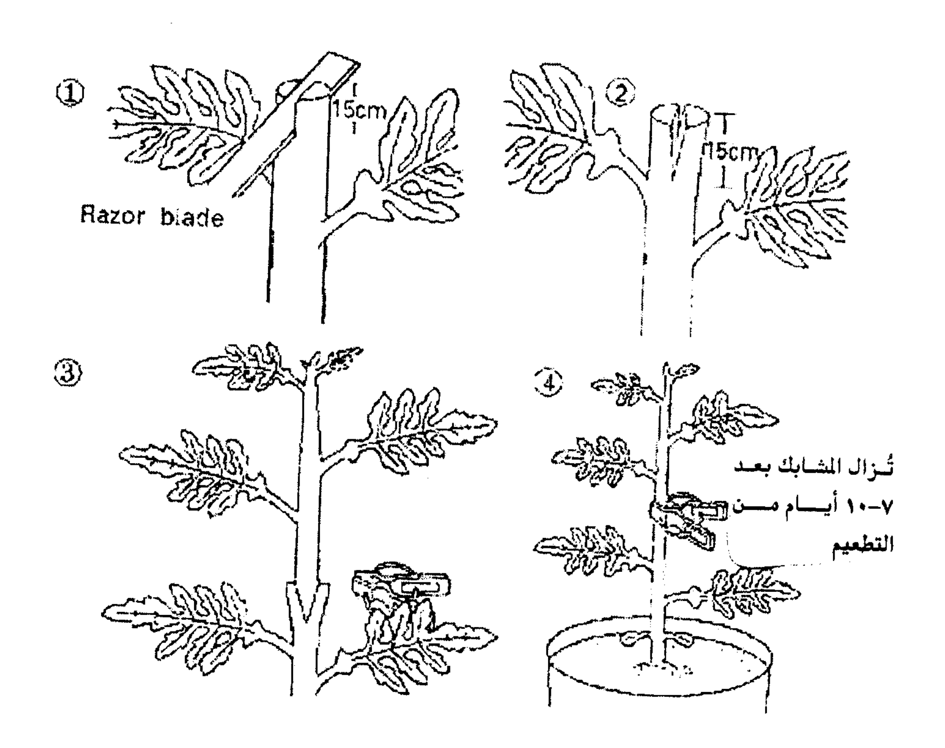
تستخدم عدة طرق للتطعيم، من أهمها: اللسانى tongue approach، والشق cleft، والأنبوبى tube، وتنويعات أخرى من تلك الطرق. ويتشابه التطعيم بالشق والتطعيم الأنبوبى فى أن ساق الطعم يقطع تمامًا عن جذورها وتلصق بالأصل. والأصل فى إسم التطعيم الأنبوبى أن أنبوبة صغيرة كانت تستخدم فى ضم الطعم إلى الأصل، ولكن تستخدم لذلك — حاليًا — مشابك بدلاً من الأنابيب. ويعد التطعيم الأنبوبى هو الأسرع والأقل تعقيدًا نظرًا لاحتياجه إلى قطع واحد مستقيم فى كل من الأصل والطعم، كما إنه — بسبب عدم الحاجة لأكثر من قطع واحد -- يمكن استعماله مع البادرات الصغيرة جدًا. وفى كل من التطعيم بالشق والتطعيم الأنبوبى تلزم حماية النباتات الصغيرة المطعومة من الجفاف حتى يكتمل التحام أنسجة الطعم مع أنسجة الأصل. وتتم الحماية المطلوبة بتغطية النباتات المطعومة بغطاء بلاستيكى لتقلل الضوء الذى تتعرض له والاحتفاظ بالرطوبة، مع تعريض النباتات المطعومة لرذاذ دقيق من الماء على فترات أثناء النهار. هذا .. ويكتمل التحام الطعوم فى الطماطم سريعًا، ويمكن البدء فى أقلمة النباتات فى الصوبة بعد نحو ٣-٤ أيام، وغالبًا ما تصبح النباتات جاهزة للشتل فى خلال ٧-٨ أيام من عملية التطعيم.

وفى كل من التطعيم بالشق والتطعيم الأنبوبى ينبغى أن تكون أقطار النهايات المقطوعة فى كل من الأصل والطعم متماثلة تمامًا، وبغير ذلك يستغرق التطعيم وقتًا أطول ليكتمل التئامه، ويمكن أن يموت الأصل خلال تلك الفترة الطويلة بسبب عدم انتقال الغذاء المجهز إليه. ونظرًا لأن معظم الأصول تكون أبطأ نموًّا عن الأصناف التجارية المستخدمة كطعوم؛ لذا .. فإنها تزرع — عادة — مبكرة بعدة أيام عن الطعوم (McAvoy ٢٠٠٥).

ومن أكثر طرق تطعيم القرعيات شيوعًا: التطعيم بالشق أو بالوتد، والتطعيم اللسانى باللصق للبطيخ والكنتالوب والخيار، كما يستخدم بدرجة أقل فى تطعيم البطيخ ما يعرف بطريقة عقلة الأصل المطعومة باللسان cutting of tongue-grafted stock.

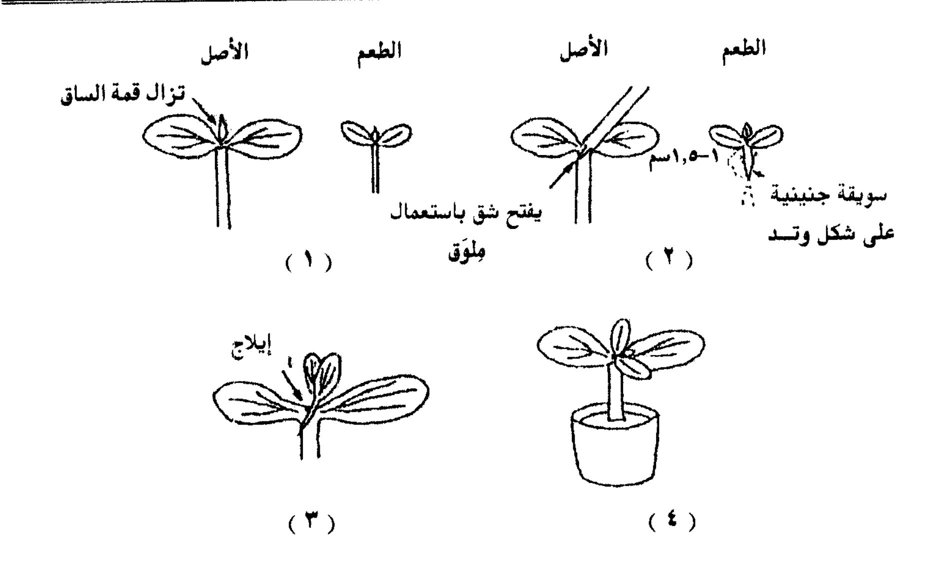
التطعيم بالشق أو بالوتد

عند إجراء التطعيم بالشق cleft grafting تلزم زراعة بذور الأصل قبل زراعة الطعم بنحو ٥-٧ أيام. وعند وصول النباتات لمرحلة نمو الورقة الحقيقية الرابعة إلى الخامسة يتم عمل شق فى ساق الأصل، ويقطع ساق الطعم على شكل وتد (أو مفك)، بحيث يكون جانبا الوتد متماثلين تمامًا مع جانبى الشق فى ساق الأصل، ومع ضرورة ترك ٢-٣ أوراق بكل من الأصل والطعم. يوضع الجزء المقطوع من الطعم فى الشق المجهز بالأصل، ثم يثبتان معًا بمشبك بلاستيكى (شكل ٩-٣).



شكل (٩-٣): تخطيط لعملية التطعيم بالشق.

وقد يجرى هذا التطعيم بالطريقة المبينة فى شكل (٩-٤)، و (٩-٥؛ يوجد فى آخر الكتاب).



شكل (٩-٤):طريقة أخرى لإجراء التطعيم بالشق

طريق الكُمّ sleeve للتطعيم (أو التطعيم الأنبوبى)

استخدمت طريقة الكُمّ sleeve (أو الأنبوبة tube) لتطعيم الخضر بيسر وسهولة. وهى مبينـة فـى شـكل (٩-٦؛ يوجـد فـى آخـر الكتـاب) لتطعـيم الطمـاطم علـى أصـل مـن الباذنجان، وتتلخص خطواتها فيما يلى: (١) قطع طعم الطماطم (٢) تثبيت كُمٍّ مطـاطى rubber sleeve بالطعم (٣) قطع أصل الباذنجان (٤) تثبيت الطعم على الأصل.

وعند إجراء التطعيم الأنبوبى تزرع بذور الأصل قبل بذور الطعم بنحو يوم واحد إلى يومين. ونظرًا لأن التعامل يكون مع نباتات صغيرة، فإنه يكون أسرع عن التطعيم بالشق، كما تحتاج النباتات المطعومة إلى مساحة أقل أثناء أقلمتها. ولا توجد حدود لصغر حجـم النباتـات التـى يمكن تطعيمها غير مدى القدرة الشخصية على التعامل مع النباتات الصغيرة.

يتم أولاً قطع الأصل والطعم قطعين متقابلين مائلين، ثم يُضم القطعين معًـا باسـتخدام مشبك صغير أو أنبوبة مطاطية. وإذا كان مخططًا لتربية الطعم على فرعين، فإن التطعـيم يجب أن يجرى أسفل الأوراق الفلقية فى كل من الأصل والطعم.

وتتبع الخطوات التالية عند الرغبة فى تطعيم الطماطم على أصل الباذنجان بطريقة التطعيم بالكم:

١- يجب أن يكون كلاً من الأصل والطعم بنفس القطر،ويتطلب ذلك الأمر زراعة بذرة الباذنجان قبل الطماطم بثلاثة أيام.

٢- يقطع الباذنجان فوق مستوى الفلقات بزاوية ٣٠° مع بدء القطع فى أعلى مكان من الساق بقدر الإمكان.

٣- يقطع ساق الطماطم بزاوية ٣٠° فوق مستوى الفلقات بقليل أو عند مستوى الورقة الحقيقية، ويتخير مكان القطع بحيث يتماثل سمك ساق الطماطم عنده مع سمك ساق الباذنجان.

٤- تُزلق قطعة من ماصة شراب بطول ١٠ مم وبقطر داخلى ٢,٠ مم (يكون قطعها بزاوية ٣٠°م) فوق ساق الطعم مع التأكد من توازى زاوية قطع الماصة مع زاوية قطع الساق. تدفع الساق حتى منتصف الماصة لأجل ترك مسافة لساق الأصل.

٥- يُزلق الطعم (الذى يكون الآن مثبتًا فى الماصة) فوق ساق الأصل. ومرة أخرى يجب التأكد من توزاى زاوية قطع الماصة مع زاوية قطع ساق الأصل.

٦- يدفع الطعم تجاه الأصل برفق. وإذا ما كانت زاوية ميل جميع الأسطح المقطوعة متوازية، فإن ذلك يؤمن التلامس التام بين السطحين المقطوعين فى الأصل والطعم. تبقى الماصة على البادرة حتى تتصلب وتتشقق وتسقط بعد ذلك فى الحقل.

٧- تنقل الشتلات المطعومة فى الحال إلى صوبة التحضين، والتى يفضل أن تكون حرارتها ٢٥-٣٢°م. وتترك طبقة رقيقة من الماء على شريحة البوليثيلين الأرضية مع إحكام غلق الأبواب للمحافظة على رطوبة نسبية عالية (< ٨٥٪) مع وضع صوانى الشتلات فوق صفوف من القوالب الأسمنتية. وعلى الرغم من أن الشتلات المطعومة قد تذبل فى بداية الأمر، إلاّ إنها تستعيد نموها الطبيعى فى خلال ثلاثة أيام.

٨- تبدأ عملية الأقلمة بعد التطعيم بنحو ٤-٥ أيام برفع الشبكة الفضية العليا، وبصرف الماء من الأرضية، وفتح الباب الخارجى المغطى بالبلاستيك، لكن مع بقاء الباب الداخلى المغطى بالشبك مغلقًا. تترك الشتلات على هذا الوضع لمدة ٢-٣ أيام أخرى.

٩- تنقل الشتلات بعد ذلك إلى الصوبة السلكية. وعند مرور ٩ أيام على التطعيم ترش الشتلات بمحلول يوريا بتركيز ٠,٣-٠,٤٪. وتترك الشتلات فى هذه الظروف لمدة ٧-٨ أيام، علمًا بأن جميع المراحل السابقة تستغرق — من بداية زراعة البذور — حوالى ٣٠-٣٣ يومًا.

هذا .. ويراعى عند شتل الشتلات المطعومة أن تبقى منطقة التحام الأصل مع الطعم فوق مستوى سطح التربة حتى لا تنمو جذورًا عرضية من الطعم من هذه المنطقة؛ الأمر الذى قد يتسبب فى إصابة الطعم بأمراض التربة التى يقاومها الأصل. وفى كل الأحوال تجب إزالة مثل هذه الجذور قبل وصولها للتربة إن نمت، كما تجب إزالة أى نموات من الأصل قد تتكون عند الأوراق الفلقية (Black وآخرون ٢٠٠٣).

وقد ازدادت متانة التحام الطعم مع الأصل ونسبة نجاح التطعيم فى الطماطم بزيادة زاوية التطعيم بين ٢٠ °م، و ٧٠ °. وقد تراوحت نسبة نجاح التطعيم عند زاوية ٧٠ ° مع ١٥ أصلاً تجاريًا بين ٩٧٪ و ١٠٠٪، بينما انخفضت تلك النسبة إلى ٧٩٪ عندما كانت الزاوية ٢٠ °م، وكانت ٨١٪ عند زاوية ٤٥ °م (Bausher ٢٠١٣).

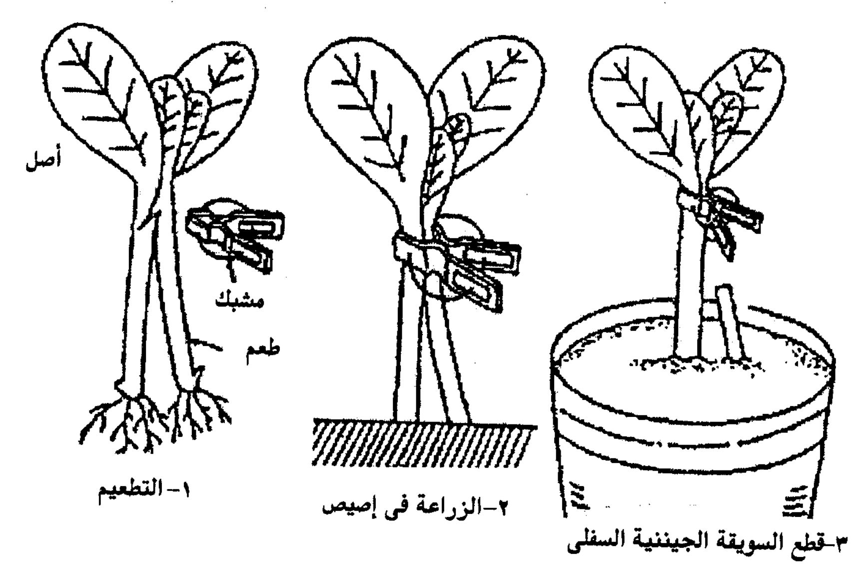
وقد تم تطوير طريقة التطعيم بالأنبوبة tube grafting method للشتلات فى الشتالات، وهى طريقة شائعة لتطعيم كل من الطماطم والباذنجان والخيار.

كذلك طورت عديد من روبوتات التطعيم وحجرات خاصة لالتئام الطعوم، وهى تستخدم فى المشاتل لإنتاج شتلات الشتالات (الـ plugs) (Oda ١٩٩٩).

التطعيم اللسانى

يسمح التطعيم اللسانى tongue approach grafting للطعم بالبقاء على جذوره إلى حين التحام الأصل مع الطعم. ويشيع استخدام تلك الطريقة مع القرعيات — خاصة — لأن نسبة نجاحها تكون عالية، وهى تفضل — كذلك — مع الطماطم فى الظروف الجوية التى لا تُناسب سرعة التحام الطعوم. وتستعمل فى هذه الطريقة نباتات أكبر حجمًا (بعمر ١٤-٢١ يومًا للطماطم، و ١٠-١٣ يومًا للخيار، و ٧-١٠ أيام للقرع العسلى) لتأمين وجود قطر مناسب للسيقان يسمح بإجراء التطعيم.

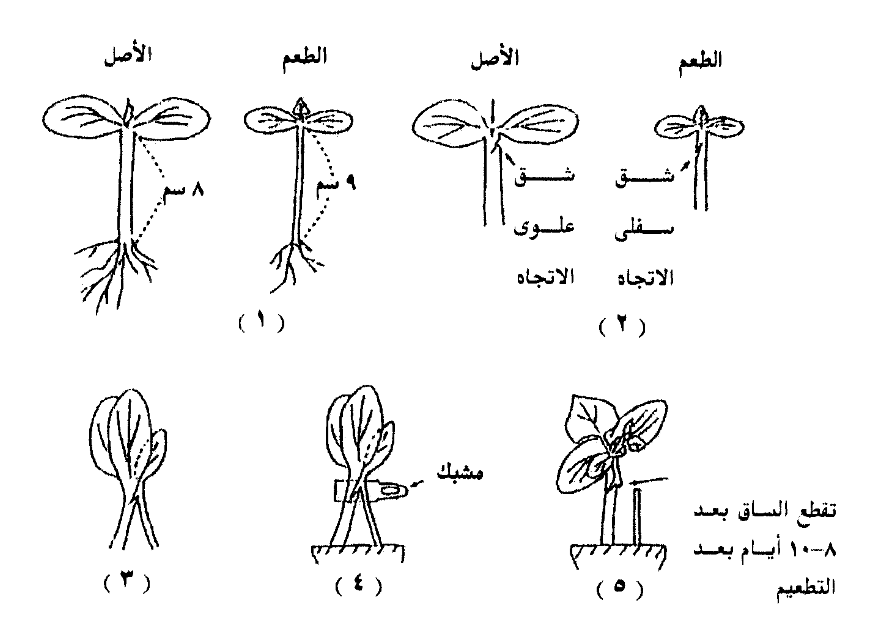
تزال أولاً قمة الأصل لكى لا يستمر فى نموه الخضرى، ويلى ذلك قطع ساقى الطعم والأصل بطريقة تسمح بإيلاج لسان من ساق الطعم فى شق - بنفس الحجم - فى ساق الأصل، ثم يُضغطان معًا باستخدام مشبك بلاستيكى. تُترك جذور الطعم لمدة ٣-٤ أيام بعد التطعيم حتى يكتمل التحام أنسجة الطعم مع أنسجة الأصل. ثم تقطع ساق الطعم تحت مكان التطعيم جزئيًا، وتترك لمدة ٣-٤ أيام أخرى لحين اكتمال اعتماد الطعم على جذور الأصل، وذلك قبل القطع الكامل لساق الطعم تحت منطقة التطعيم (شكل ٩-٧).



شكل (٩-٧): تخطيط لعملية التطعيم اللسانى.

يُجرى التطعيم اللسانى باللصق عندما يكون الأصل فى مرحلة بداية بزوغ الورقة الحقيقية الأولى والطعم فى مرحلة منتصف نمو إلى اكتمال نمو الورقة الحقيقية. تُزال قمة الساق من الأصل ويعمل فيه شق مائل وإلى أسفل تحت الأوراق الفلقية مباشرة، بزاوية ٣٠-٤٠° وبطول ٥-٧ مم وبعمق ١/٣-٢/٣ قطر السويقة الجنينية السفلى. وفى المقابل يعمل فى السويقة الجنينية السفلى للطعم شق مائل وإلى أعلى تحت الأوراق الفلقية بنحو ١ سم بزاوية ٢٠-٣٠°

وبطول ٥–٧ مم وبعمق ٢/٣ قطر السويقة. ويلى ذلك تركيب الشقان معًا والضغط عليهما برفق باستعمال مشبك. وبعد فترة تحضين تستمر لمدة ٨–١٠ أيام تُقص السويقة الجنينية السفلى للطعم تحت منطقة التطعيم مباشرة (Kawaide ١٩٨٥). ويظهر ذلك فى شكلى (٩–٨)، و (٩–٩؛ يوجد فى آخر الكتاب).



شكل (٩–٨) تفاصيل خطوات عملية التطعيم اللسانى باللصق.

ويفضل فى البطيخ إجراء التطعيم بطريقة الإيلاج فى حفرة hole insertion grafting، بسبب صغر حجم بادرة البطيخ، مقارنة بحجم الأصل الذى يكون قرع *Cucurbita* spp. أو bottle gourd (*Lagenaria siceraria*). تزرع بذور البطيخ ٧–٨ أيام بعد زراعة بذور الجورد أو ٣–٤ أيام بعد زراعة بذور الكوسة عند استخدامهما كأصول. ويجرى التطعيم بعد ٧–٨ أيام من زراعة بذور البطيخ. ويجب أن يكون كلا من الطعم والأصل قويين بما فيه الكفاية لتحمل التطعيم.

تُزال من بادرة الأصل الورقة الحقيقية والقمة النامية بحرص، ويعمل بها حفرة بمثقاب بزاوية منحرفة عن الاتجاه الطولى. كذلك يتم عمل قطع مائل ومدبب فى السويقة الجنينية السفلى للبطيخ ليمكن إيلاجها بسهولة فى قطع الأصل، مع الحرص على ألا يكون الإيلاج فى فجوة نخاع السويقة الجنينية السفلى للأصل؛ لأن ذلك يتعارض كثيرًا مع سرعة الالتحام بين الأصل والطعم، ويسهل بروز الجذور العرضية للبطيخ — بعد ذلك — نحو التربة بعد استطالتها لأسفل خلال فجوة نخاع الأصل (Lee وآخرون ٢٠١٠).

التطعيم المجدول والتطعيم الأنبوبى والتطعيم بالدبوس

يتم التطعيم المجدول splice grafting بإزالة إحدى الورقتين الفلقيتين والقمة النامية من الأصل بقطع مائل، ثم يركب عليها الطعم بعد عمل قطع مائل بسويقته الجنينية السفلى، ويلى ذلك لصقهما معًا باستعمال مشبك. ينتشر اتباع هذه الطريقة مع القرعيات، ويطلق عليها أحيانًا اسم one cotyledon splice grafting. وفى الباذنجانيات قد يستخدم فى لصق الطعم مع الأصل مشبك عادى أو مشبك على شكل أنبوبة مرنة بها شق جانبى أو دبوس خاص من السيراميك. إذا استخدمت الأنابيب فإن الطريقة تعرف باسم tube grafting. وإذا استخدمت الدبابيس فإن الطريقة تعرف باسم pin grafting. تستعمل الدبابيس لتثبيت وضع الطعم فى مكانه على الأصل, وقد قامت شركة تاكى للبذور بتصنيع دبابيس من السيراميك لهذا الغرض تبلغ ١٥ مم طولاً وبعرض قطرى قدره ٠,٥ مم فى المقطع العرضى السداسى الشكل (Lee & Oda ٢٠٠٣، و Lee وآخرون ٢٠١٠).

التطعيم بطريقة عقلة الأصل المطعومة باللسان

يتم فى هذه الطريقة التى تعرف باسم cutting of tongue-grafted stock تطعيم الأصل على عقلة cutting من الأصل بطريقة اللسان، ثم زراعتها فى التربة. تتميز هذه الطريقة بسهولتها وبتشجيعها لتكوين جذور عرضية كثيرة بالأصل.

الأمور التى تجب مراعاتها عند إجراء التطعيم

يُراعى عند إجراء التطعيم ما يلى:

١- تعريض النباتات لضوء الشمس المباشر مع تعطيشها قليلاً قبل التطعيم لكى لا تستطيل النباتات، ولأجل زيادة قدرتها على تحمل نقص الماء.

٢- رى النباتات جيدًا قبل استخدامها فى التطعيم مباشرة، والتأكد من كونها ممتلئة بالرطوبة وغير ذابلة.

٣- إجراء التطعيم إما فى الصباح الباكر أو متأخرًا بعد الظهر؛ لتجنب تعريض النباتات لأى شد رطوبى.

٤- يُفضل - دائمًا - إجراء التطعيم فى مكان مظلل وغير معرض للرياح، ويحسن أن يكون ذلك خارج الصوبة.

٥- عدم تقطيع سيقان نباتات يزيد عددها عما يمكن تطعيمه فى خلال دقائق معدودة؛ فمن الأهمية بمكان عدم جفاف مكان القطع أو ذبول الطعم.

٦- لا يُطعم معًا إلاّ الطعوم والأصول التى تتماثل سيقانها فى القطر، ويتماثل القطع فى كل منهما؛ لإعطاء أكبر فرصة ممكنة لتلامس الحزم الوعائية لكل من الأصل والطعم معًا.

٧- يُحافظ على النباتات المطعومة فى حرارة ٣٠°م، و ٩٥٪ رطوبة نسبية لمدة ٣-٥ أيام بعد إجراء التطعيم، باستخدام بلاستيك غير شفاف، مع التعريض لرذاذ الماء الدقيق.

ولقد وجد أن الرطوبة النسبية العالية وشدة الإضاءة المنخفضة يمنعان ذبول الطعوم؛ مما يؤدى إلى التئام الجروح والتحام الأصل مع الطعم ونجاح الطعوم (Nobuoka وآخرون ١٩٩٦).

٨- بعد استكمال التحام الأصل مع الطعم تُعرض النباتات لضوء الشمس المباشر بصورة تدريجية - وهى فى الصوبة - لمدة ثلاثة إلى أربعة أيام، برفع البلاستيك غير الشفاف عنها فى المساء، وبعد الظهر، ثم لساعات يزداد طولها تدريجيًّا وسط النهار. تستمر خلال هذه الفترة التعريض للرذاذ الدقيق حسب الحاجة لتجنب ذبول النباتات.

٩- يجب – عند الشتل – أن يبقى مكان التطعيم فوق سطح التربة، حتى لا تُعطى الفرصة لساق الطعم أن تنتج جذورًا لدى ملامستها للتربة الرطبة؛ لأن تلك الجذور تحد من مزايا التطعيم (McAvoy ٢٠٠٥ و ٢٠١٠).

١٠- يتطلب نجاح التطعيم أن يكون طول الأصل متناسبًا مع طول الطعم، لكن بعض الأصول المستخدمة مع الخيار – مثل *Cucurbita ficifolia* – تستطيل بسرعة كبيرة بعد إنباتها. وقد أمكن التحكم فى طول كل من السويقة الجنينية السفلى وأطوال السلاميات فى أصل الجورد *Cucurbia ficifolia* المستخدم مع كل من الخيار والبطيخ بنقع البذور فى محلول مائى لمنظم النمو يونى كونازول uniconazole بتركيز ١-١٠٠ جزء فى المليون، ورش النباتات فى مرحلة تكوّن ١,٣ ورقة حقيقية بالجبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون. عملت معاملة باليونى كونازول على تقصير السويقة الجنينية السفلى والسلاميات، وازدادت شدة التأثير بزيادة التركيز المستخدم من منظم النمو، بينما أحدثت معاملة الجبريللين تأثيرًا عكسيًّا. وأدت معاملة البذور باليونيكونازول بتركيز جزء واحد فى المليون – مع رش البادرات فى مرحلة تكوين ١,٣ ورقة حقيقية بالجبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون – إلى ثبات طول السويقة الجنينية السفلى مع استطالة السلاميات فقط (Oda ١٩٩٤).

أسباب عدم التوافق بين الأصل والطعم

أجريت دراسة تشريحية وفسيولوجية على منطقة التحام طعم الكنتالوب (صنف عرفة) مع أصلين من .*Cucurbita* spp، أحدهما متوافق والآخر غير متوافق. وقد وجد تشابهًا تشريحيًّا كاملاً بين الحالتين فى الأيام الأولى بعد التطعيم، وذلك فيما يتعلق بتكوين وتميز خلايا الجهاز الوعائى، واتصالها بين أنسجة الأصل والطعم، وامتصاص الماء وتوزيع السكر بين النمو الخضرى والجذور، واستمر ذلك لمدة أسبوعين بعد التطعيم، لكن ظهرت الاختلافات بينهما بعد مرور ١٠ أيام أخرى، حيث انخفض – جوهريًّا – امتصاص الجذور للماء ومحتواها من السكر فى التطعيم غير المتوافق، كذلك بدأ انهيار جزءًا من جذور الأصل، وأظهر الفحص الهستولوجى أن مستويات الـ H_2O_2 والسوبر

أوكسيد كانا أعلى فى التطعيمات غير المتوافقة. كما انخفض فيها كذلك — فى منطقة الالتحام — نشاط السوبر أوكسيد دسميوتيز superoxide dismutase. وقد يكون لانخفاض مستوى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة وارتفاع مستوى العناصر النشطة فى الأكسدة فيها دورًا فى تدهور منطقة الالتحام بين الأصل والطعم فى حالات عدم التوافق (Aloni وآخرون ٢٠٠٨).

وتلعب الهرمونات دورًا فاعلاً فى عملية التحام الأصل مع الطعم وفى التأثير على النمو والإزهار وصفات جودة الثمار فى النباتات المطعومة، وهو الموضوع الذى تناوله Aloni وآخرون (٢٠١٠) بالتفصيل.

كذلك فإن تكوين الكالوس على الأسطح المقطوعة يُسهم فى نجاح عملية التطعيم. وقد تبين أن الكالوس — يُنتج — على السطح المقطوع بسيقان الفلفل عند إجراء التطعيم بدرجة تقل كثيرًا عما ينتج بالسطوح المقطوعة من الطماطم والباذنجان، فى الوقت الذى تنخفض فيه نسبة نجاح الطعوم فى الفلفل عما فى الطماطم والباذنجان. وقد وجد أن رش بادرات الفلفل بحامض الاسكوربيك بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون حفّز تكوين الكالس على السطح المقطوع بالساق وحسّن — كذلك — من معدل نجاح الطعوم (Jonkan وآخرون ٢٠٠٧).

التغيرات الوراثية فى الطعم تحت تأثير الأصل

وُجد عند تطعيم صنف الفلفل ذات الثمار الكروية الشكل Mytilini Round على الأصل ذى الثمار الطويلة Piperaki Long أن شكل ثمار الطعم تأثر بالأصل، وأن تلك التغيرات استمرت لجيلين من الإكثار البذرى لنباتات الطعم التى تغيرت فيها صفات الثمار؛ مما يدل على أن تلك التغيرات وراثية. وقد أوضحت دراسات الـ PCR أن البروفيل الوراثى للنباتات التى تغيرت فيها صفات الثمار بتأثير الأصل كانت أكثر تماثلاً مع البروفيل الوراثى للطعم وأقل تماثلاً مع البروفيل الوراثى للأصل؛ مما يدل على أنه لم تحدث سوى تغيرات وراثية ثانوية فى الطعم خلال التطعيم (Tsaballa وآخرون ٢٠١٣).

كما وجد أن جزيئات رنا RNA خاصة تنتقل عبر نسيج اللحاء، وهى تحمل معلومات يمكن أن تؤثر فى نمو وتطور الأعضاء التى تنتقل إليها. ويعتقد بأن تلك الظاهرة يمكن أن تستخدم يومًا فى تحسين الأصناف إذا أمكن التحكم فى آلية ذلك الانتقال (Harada ٢٠١٠).

وعندما طعم الخيار على أصول من .*Cucurbita* spp ظهر ما لا يقل عن تسعة أنواع من البروتينات فى نباتات الطعم بعد ٩-١١ يومًا من التطعيم. وقد توافقت تلك البروتينات تمامًا مع تلك الخاصة بأصل الـ .*Cucurbita* spp المستخدم (Golecki وآخرون ١٩٩٨).

مراجع إضافية فى تطعيم الخضر

لمزيد من التفاصيل حول الأصول وطرق التطعيم المناسبة وطرق تداول الشتلات أثناء التطعيم وبعده لمحاصيل البطيخ والخيار والكنتالوب والطماطم والباذنجان والفلفل .. يراجع Lee & Oda (٢٠٠٣).

كذلك قدم عرفة وآخرون (٢٠٠٠) عرضًا تفصيليًّا مجدولاً لجميع خطوات التطعيم بالطرق الرئيسية: اللسانى tongue approach، وبالقطع hole or cut، وبالقطع المائل slant cut، والقمى cleft.

ويمكن الرجوع إلى Cohen وآخرين (٢٠٠٧) فيما يتعلق بالخبرة الإسرائيلية فى مجال إنتاج قرعيات مطعومة لمختلف الأغراض.



الفصل العاشر

تعقيم التربة بالمبيدات والمبخرات

قد يكون تعقيم التربة قبل الزراعة أمرًا ضروريًّا، وذلك عندما تكون محملة بمسببات الأمراض النباتية وبذور الحشائش، خاصة الخبيثة منها التى تصعب مكافحتها.

ويتطلب التعقيم الجيد للتربة أن تكون المعاملة فعالة وآمنة، وتعطى مكافحة جيدة للآفات المستهدفة، مع تبدد المركب الكيميائى المستخدم من التربة بعد تبخيرها لتأمين الزراعة الآمنة فى الوقت المحدد لها.

ويتعين لتحقيق تلك الأهداف - إلى جانب الاختيار المناسب للمبيد - ما يلى:

١- إجراء المعاملة عندما تكون حرارة التربة حوالى ١٦°م-٢٧°م، نظرًا لأن المبيد يتبخر ببطء أكثر فى الحرارة الأقل من ذلك؛ فلا يتوفر تركيز كافٍ منه لتحقيق المكافحة المنشودة، كما يمكن فى الحرارة المنخفضة أن تتبقى من المبيد تركيزات سامة للنباتات فى التربة لفترات طويلة. وفى المقابل .. فإن المبيد قد يتسرب من التربة بسرعة كبيرة فى الحرارة التى تزيد عن ٢٧°م؛ وبذا .. فإن المعاملة لا تكون فعالة.

٢- إجراء التبخير عندما يكون المحتوى الرطوبى للتربة متوسطًا؛ بحيث يمكن تشكيل حفنة منها على شكل كرة عند ضغطها فى راحة اليد، فإن تفككت تلك الكرة بسهولة دل ذلك على نقص محتوى التربة الرطوبى عما يجب، وإن لم يمكن تشكيل التربة على شكل كرة لشدة طراوتها دل ذلك على ارتفاع محتواها الرطوبى عما يجب. ويعيب التربة الجافة أن كائنات التربة المتواجدة فيها قد تصبح أكثر مقاومة للمبيد، بينما يعيب التربة الزائدة الرطوبة بطء تحرك المبيد فيها لتحقيق المكافحة المطلوبة.

٣- يجب أن تكون التربة مفككة ومحروثة جيدًا حتى عمق ٣٠-٤٠ سم، لأن القلاقيل

– إن وجدت – تجعل تسرب المبيد من التربة أسرع مما يجب، كما أن كائنات التربة التى تتواجد داخل تلك القلاقيل لا تكافح بشكل جيد لصعوبة وصول المبيد إليها.

٤– يجب أن تكون كل المادة العضوية الموجودة فى التربة قد تحللت بصورة جيدة؛ ذلك لأن المادة العضوية غير المتحللة يصعب اختراق المبيد لها، وبذا لا تكافح الكائنات المرضة الموجودة فيها بشكل جيد. كذلك فإن البقايا النباتية غير المتحللة يمكن أن تشكل ممرات أو قنوات يتسرب منها المبيد بسهولة إلى خارج التربة، كما قد تعيق حركة حاقنات المبيد فى التربة.

٥– يجب إحكام المبيد فى التربة؛ لتأمين تواجده لفترة وبتركيز مناسبين لتتحقق المكافحة. وتتباين فترة الإحكام تلك باختلاف المبيد. ويتحقق الإحكام فى حالة المبيدات سريعة التبخر باستعمال غطاء بلاستيكى يُحكم من حوافه مع التربة. أما المبيدات بطيئة التبخر فإن إحكامها يكون بضغط التربة آليًّا، أو بريها ريًّا خفيفاً يكفى لبل سطح التربة لعمق ٠,٦ سم.

٦– تتباين جرعة المبيد حسب قوام التربة حيث تزيد فى التربة الثقيلة عما فى الخفيفة.

٧– يلزم غالبًا مرور أسبوعين إلى شهرين بعد المعاملة قبل زراعة الحقل، حسب المبيد المستخدم، لتأمين تسرب المبيد من التربة، فلا تتبقى منه تركيزات سامة للنباتات (Ohio State University ٢٠٠٥).

هذا .. وإلى جانب أهمية المبيدات فى التخلص من مسببات الأمراض والآفات التى تجد فى التربة مأوى لها .. فإنها تُنشّط النمو النباتى، وربما يحدث ذلك من خلال تحفيزها لعملية تيسر الآزوت من المواد العضوية المتوفرة بالتربة (عن Bravenboer ١٩٥٥).

شروط استخدام مبخرات التربة

تستعمل المبيدات النيماتودية ومبخرات التربة فى خفض أعداد نيماتودا تعقد

الجذور والمسببات المرضية الفطرية. وبينما تعامل التربة بالمبخرات قبل الزراعة، فإن المبيدات النيماتودية من غير المبخرات تستعمل — عادة — قبل الزراعة بقليل أو أثناءها.

وتأكيدًا لما أسلفنا بيانه .. فإن أكبر استفادة من مبخرات التربة تتحقق بتوفر الشروط التالية:

١- تحضير التربة جيدًا قبل بتخيرها بحراثتها عميقًا وتنعيمها وتكسير القلاقيل ودفن البقايا النباتية عميقًا فى التربة.

٢- إجراء المعاملة والتربة مستحرثة، فلا تكون شديدة الجفاف أو زائدة الرطوبة.

٣- إجراء المعاملة عندما تتراوح حرارة التربة بين ١٠، و ٢٧°م؛ ليكون تبخير المبيد بالمعدل الأكثر فاعلية.

٤- التخلص التام من بقايا النباتات فى التربة لأنها تعيق توزيع أبخرة المبيد خلال التربة، وتمتصه بصورة لا رجعة فيها، وتتعارض مع عمل الآلة المستعملة فى المعاملة بالمبيد، وتمنع إحكام إغلاق سطح التربة لمنع تسرب الأبخرة منها، وتحمى النيماتودا وبيضها من فعل المبخر.

٥- إحكام إغلاق سطح التربة بعد المعاملة مباشرة؛ الأمر الذى يتحقق — غالبًا — بالتغطية بالبلاستيك (شكل ١٠-١، يوجد فى آخر الكتاب)، ولكن قد يفيد — أحيانًا — الرى بالرش.

ويلزم — عادة — مرور نحو ثلاثة أسابيع بين المعاملة والزراعة عندما تكون حرارة التربة فى حدود ١٠°م، وذلك لتجنب الإضرار بالنباتات، ولكن قد تنخفض المدة إلى أسبوعين مع بعض المبخرات، على أن يكون ما لا يقل عن ٢-٧ أيام من تلك الفترة بعد رفع الغطاء البلاستيكى.

ولاختبار مدى أمان الزراعة فى أرض عوملت بالمبخرات تُجمع عينات من التربة المعاملة تكون ممثلة للطبقة المعاملة منها. توضع العينات فى أوعية زجاجية ذات غطاء يمكن إحكام غلقه. توضع عدة بذور من الفجل أو الخس أو اللفت ... إلخ على سطح

عينة التربة فى الوعاء ويضغط عليها حتى تختفى فى التربة، ثم يغلق الوعاء جيدًا. تكرر العملية ذاتها فى وعاء آخر يحتوى على تربة غير معاملة. تلاحظ الأوعية الزجاجية لمدة ٢٤-٤٨ ساعة. يدل إنبات البذور على أن التربة أصبحت آمنة للزراعة فيها، ويدل عدم إنبات البذور فى عينة التربة المعاملة مع إنباتها فى العينة غير المعاملة على أن التربة المعاملة ليست آمنة — بعد — للزراعة فيها.

أنواع المبيدات والمبخرات

بروميد الميثايل

نتناول بروميد الميثايل ببعض التفصيل على الرغم من خطر استخدامه حاليًّا؛ ذلك لأنه ظل لفترة طويلة هو المبيد الرئيسى المستخدم، كما أن كثيرًا من تفاصيل استعماله تنطبق على عديد من المبيدات المستعملة حاليًّا.

يؤدى التعقيم ببروميد الميثايل إلى قتل بذور الحشائش (باستثناء الخبيزة التى تكون أقل تأثرًا)، والنيماتودا، ومعظم الفطريات (باستثناء فطر الفيرتسيليم الذى لا يقاوم بصورة مقبولة)، والبكتيريا والحشرات التى توجد فى التربة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

ويتوفر عدد من التحضيرات التجارية التى تحتوى على مخاليط من بروميد المثيايل والكلوروبكرن بنسب متفاوتة، وتستعمل كما يستعمل بروميد الميثايل.

وتبعًا لاتفاقية مونتريال Montreal Protocol — الخاصة بالمواد التى تقضى على طبقة الأوزن — فإن استعمال بروميد الميثايل قد توقف فى الدول المتقدمة عند المستوى الذى كان عليه عام ١٩٩١ حتى عام ١٩٩٨، ثم انخفض بنسبة ٢٥٪ بين ١٩٩٩، و ٢٠٠٠. وبنسبة ٥٠٪ بين ٢٠٠١، و ٢٠٠٢، وبنسبة ٧٠٪ بين ٢٠٠٣، و ٢٠٠٤ إلى أن توقف نهائيًّا عام ٢٠٠٥.

وقد سمحت الاتفاقية وملحقاتها بالاستمرار فى استعمال بروميد الميثايل فى تبخير المحصول والأجزاء النباتية لأغراض الحجر الزراعى بين الدول، وللأغراض الزراعية التى ليس لها بديل لاستعمال بروميد الميثايل.

كما سمحت الاتفاقية — كذلك — للدول النامية بالاستمرار فى استعمال بروميد الميثايل حتى عام ٢٠١٥ فقط، وللدول المتقدمة بإنتاج بروميد الميثايل للتصدير إلى الدول النامية المستمرة فى استعماله حتى ذلك التاريخ، وذلك كإجراء غير محفز للدول النامية على إقامة صناعات جديدة لهذا الغرض. وعلى الرغم من ذلك .. فإن أسواق السوبر ماركت بالسوق الأوروبية المشتركة لا تسمح باستقبال أى منتجات يكون قد استعمل بروميد الميثايل فى إنتاجها، أو حتى فى إنتاج أى منتجات أخرى — غير تصديرية — فى نفس المزرعة.

يتوفر بروميد الميثايل Methyl Bromide فى حالة سائلة تحت ضغط؛ إما فى عبوات صغيرة زنة رطل، وإما فى قنانى كبيرة مثل قنانى البوتاجاز. ويتبخر هذا السائل ويغلى عند حرارة ٤,٤ °م بمجرد فتح غطاء العبوة. ولكى يتم التعقيم بصورة جيدة فإنه يلزم منظم خاص ينتقل بواسطته الغاز من القنانى عبر خراطيم بلاستيكية إلى التربة أو الأدوات — التى يُراد تعقيمها — والتى تغطى جيدًا بغطاء من البلاستيك.

يستخدم بروميد الميثايل بمعدل ٦٠٠ جم لكل متر مكعب من مخاليط الزراعة. تترك المخاليط معرضة للغاز تحت الغطاء لمدة يوم على الأقل فى حرارة ١٥ °م أو أعلى من ذلك، أو لمدة يومين على الأقل فى حرارة ١٠ °م. ولا تجب المعاملة فى حرارة أقل من ذلك. وبعد المعاملة يترك المخلوط دون غطاء لمدة يوم على الأقل فى الجو الدافئ، ويومين على الأقل فى حرارة ١٠ °م. وبعد ذلك يمكن تداوله. كما يمكن زراعة البذور بعد ثلاثة أيام من التهوية.

وعند تعقيم المشاتل الحقلية، يجب حرث الأرض جيدًا لعمق ٣٠ سم. وهو العمق الذى تنمو فيه معظم الجذور، وتنتشر فيه الآفات، ثم تروى وتترك حتى تصل رطوبتها إلى نحو ٥٠٪ من السعة الحقلية، أو حتى تصبح مستحرثة، وحينئذٍ تعامل بالمبيد بمعدل ٥٠جم/م^{2} من الحقل فى الأراضى الرملية الخفيفة، تزداد إلى ٧٥ جم/م^{2} فى الأراضى الثقيلة.

وفى حالة تعقيم مساحات كبيرة من الأرض — كما فى الصوبات والحقول — فإنه يلزم التحكم فى عملية التعقيم .. فتعلق أولاً أنبوبة الغاز من ميزان زنبركى؛ حتى يمكن

معرفة كمية الغاز المنطلقة؛ وبذا .. يمكن التحكم فى الكمية المستخدمة فى المساحات المراد تعقيمها.

ويتم توصيل الغاز إلى التربة عبر خراطيم من البوليثيلين بقطر نحو ٤ سم، بها ثقوب متقابلة قطرها ملليمتر واحد تقريبًا كل حوالى ٢٠ سم. تُمَد هذه الخراطيم على سطح التربة المراد تعقيمها. وعند التعقيم يتم توصيلها بخرطوم الغاز الرئيسى. ويتم – عادة – مد خراطيم البوليثيلين بطول ٥٠م، وعلى بعد ١٠٠ سم من بعضها البعض؛ وبذا .. فإن خرطوم منها يعقم شريطًا من الأرض مساحته ٥٠م^{2} (١×٥٠م). والعادة هى السماح للغاز بالانطلاق فى خطين من خراطيم البوليثيلين فى المرة الواحدة؛ وبذلك يُعقم فى كل مرة ١٠٠ متر مربع من الأرض.

وعندما يكون الرى بطريقة التنقيط، فإن خراطيم الرى يمكن أن تستخدم لتوزيع الغاز؛ إما إلى خطوط الزراعة فقط، وإما إلى كل مساحة الأرض.

هذا .. وتُغطَّى كل المساحة المراد تعقيمها بشرائح بلاستيكية شفافة بعرض ٤–٦م، تطوى حوافها بعضها على بعض، مع إضافة التربة بين البلاستيك عند طى الأطراف لمنع تسرب الغاز. وإذا اقتصر التعقيم على خطوط الزراعة فقط، فإن التغطية بالبلاستيك تكون بشرائح عرض الشريحة متر واحد.

ويراعى عند التعقيم ألا تقل حرارة التربة عن ٢٠ ْم، كما يجب تسخين الغاز بإمراره أولاً خلال خراطيم فى جهاز خاص؛ حيث يتعرض الغاز لحرارة ١١٠ ْم. ومع خروجه من الجهاز تكون حرارته قد وصلت إلى نحو ٨٠ ْم، ومع وصوله عبر الخراطيم إلى التربة المراد تعقيمها تكون حرارته قد انخفضت إلى ما يقرب من ٢٠ ْم.

يترك الغطاء على المساحة المعاملة لمدة يوم واحد فى حرارة ٢٠ ْم، ويومين فى حرارة ١٠ ْم، ثم يُرفع ويُسمح بالتهوية الجيدة لمدة ثلاثة أيام، ثم يُبدأ فى إعداد الأرض للزراعة، على ألا تزرع قبل أسبوع من انتهاء عملية التهوية.

ونظرًا لأن بروميد الميثايل غاز شديد السمية وعديم الرائحة، فإنه يخلط بالكلوروبكرن

— وهو مبيد فعّال كذلك — بنسبة ضئيلة (٢٪)، حتى يمكن التنبيه إلى رائحة الغاز فى حالة تسربه.

ونظرًا لأن بروميد الميثايل لم يعد مصرّحًا باستخدامه كمعقم للتربة، فقد اتجهت الدراسات نحو إيجاد بديل له.

وفى إحدى الدراسات قورنت عدة معاملات لتعقيم التربة مع التعقيم ببروميد الميثايل، واشتملت هذه المعاملات على ما يلى: الكلوروبكرن منفردًا، والـ dichloropropene (اختصارًا: 1,3-D) مع الكلوروبكرن، والميثام صوديوم منفردًا، والثيام صوديوم والـ tetrathiocarbonate، والدازومت dazomet، والـ pepulate. لم يكن لأى من المعاملات التأثير الواسع لمعاملة بروميد الميثايل، ولكن كان لبعضها تأثيرات محددة. وقد تبين من تلك الدراسة أن معاملة الكلوروبكرن منفردًا (بمعدل ٣٩٠ لتر/هكتار) أو مع 1,3-D (بمعدل ٣٢٧ لتر/هكتار من مخلوط منهما يشتمل على ١٧٪ كلوروبكرن) أعطت نتائج متوسطة إلى جيدة فى مكافحة كل من النيماتودا وفطريات التربة، وقللت المعاملة بالـ pebulate (بمعدل ٤,٥ كجم/هكتار) من كثافة تواجد السعد (Locascico وآخرون ١٩٩٧).

ومن أهم بدائل بروميد الميثايل، ما يلى:

١- يوديد الميثايل، لكن يعيبه ارتفاع تكلفته.

٢- الكلوروبكرن، وتفضل المعاملة به أثناء الرى بالتنقيط لأنه يكون أكثر فاعلية فى التربة الرطبة. ويمكن زيادة فاعليته فى مكافحة النيماتودا بخلطه مع أحد المبيدات النيماتودية مثل 1,3-dichloropropene.

٣- الميثام صوديوم metam sodium والدازومت dazomet، اللذان ينتجان المادة المؤثرة methyl isothiocyanate، ويتميزان برخص أسعارهما نسبيًّا.

٤- التحضير التجارى Enzone الذى يحتوى على المركب sodium tetrathiocarbamate، وهو الذى يتحلل ليعطى المبيد الحيوى الواسع المفعول carbon disulfide (أو CS_2) (عن Gullino وآخرون ٢٠٠٣).

٥- الـ Fosthiazate لمكافحة النيماتودا.

٦- DiTera ES مبيد بيولوجى لمكافحة النيماتودا.

٧- مركبات أخرى مثل: Multiguard، و CX-100، و Propozone (Norton ٢٠٠٧).

وعلى الرغم من توفر بعض البدائل الممكنة لبروميد الميثايل، فليست لأى منها التأثير الواسع الذى يحققه بروميد الميثايل (Webster وآخرون ٢٠٠١).

الكلوروبكرن

يستخدم الكلوروبكرن Chloropicrin (وهو trichloronitromethane) فى تعقيم التربة منفردًا إلى جانب استعماله مخلوطًا مع بروميد الميثايل.

يستعمل الكلوروبكرن فى تعقيم مخاليط التربة بمعدل ٥ مل (١ مل = ١ سم^{3}) لكل قدم^{3} من مخلوط الزراعة (حوالى ١٨٥ مل لكل متر مكعب من مخلوط التربة)، أو نحو ٣٥ مل لكل متر مسطح من الأرض. ويجب ألا تقل حرارة مخلوط التربة أثناء المعاملة عن ١٣ °م، كما يجب أن يمر أسبوعان بعد المعاملة قبل استخدام التربة فى الزراعة.

كما يمكن استعمال الكلوروبكرن فى تعقيم تربة الحقل أو البيوت المحمية بعد إعدادها للزراعة؛ وذلك بمعدل ٢٠٠ لتر للفدان؛ حيث يُعطى ٣ مل من المبيد فى كل حقنة على أبعاد ٢٥ × ٢٥ سم. ويجب رى الأرض بعد المعاملة مباشرة؛ حتى لا يتسرب المبيد. كما يفضل تغطية المساحة المعاملة، على أن يرفع الغطاء بعد ٣-٤ أيام، وتترك لمدة ٧-١٠ أيام؛ حتى يتم التخلص من كل آثار المبيد قبل زراعة البذور؛ لأن الكلوروبكرن سام للنباتات، سواء أوصلها عن طريق الجذور أم عن طريق الهواء.

ويفيد الكلوروبكرن فى التخلص من الحشرات، والنيماتودا، وبذور الحشائش، وكل الفطريات، ما عدا القليل منها، إلا أنه يسبب مضايقات للقائمين باستعماله (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

وقد وجد أن التعقيم بالكلوروبكرن يؤدى إلى تحسين النمو بعد المعاملة، حتى فى غياب مسببات الأمراض. كما لوحظ أن تعداد البكتيريا يرتفع فى التربة المعاملة إلى ٢-٣

أضعاف التعداد العادى — الذى يوجد فى التربة غير المعاملة — لمدة مائة يوم بعد المعاملة، ويصاحب ذلك تيسر النيتروجين من المادة العضوية فى التربة بمقدار ١½-٢ ضعف معدل التيسر فى التربة غير المعاملة (Bravenboer ١٩٥٥).

البازاميد

البازاميد Basamid مبيد محبب يستخدم فى تعقيم التربة ومخاليط الزراعة، وهو حبيبى granular، ويحتوى على ٩٨٪ دازوميت Dazomet، الذى يتحلل فى التربة لينتج المركب الفعّال methyl isothiocyanate. وهو فعّال ضد مدى واسع من النيماتودا وفطريات وحشرات التربة والحشائش، وخاصة النابتة منها، وكذلك الخضرية التكاثر مثل السعد، والمتطفلة مثل الهالوك. ويستخدم البازاميد فى تعقيم الصوبات والمشاتل، وأوعية الزراعة، ومخاليط التربة.

وإذا وجدت جذور نباتية مصابة بالنيماتودا يجب تركها لتتحلل فى التربة الرطبة أولاً لمدة ٢-٣ أسابيع قبل المعاملة بالبازاميد.

تختلف الكمية المستعملة من البازاميد لكل متر مكعب من خلطة الزراعة، أو لكل متر مربع من سطح التربة كما سيأتى بيانه، ويراعى زيادة الكمية المستعملة منه عند زيادة المادة العضوية فى التربة. كما تجب إضافة المادة العضوية قبل حرث التربة، وليس مع البازاميد، أو بعد إضافته.

يجب أن تكون التربة ممهدة جيدًا وناعمة إلى العمق الذى يُرغب فى تعقيمه؛ لأن البازاميد لا يمكنه الوصول إلى داخل تكتلات التربة. كما يجب تجنب إجراء المعاملة بالبازاميد والتربة جافة. وتزداد كمية البازاميد المستعملة عند زيادة محتوى التربة من المادة العضوية، كما تزداد كذلك الفترة من انتهاء التعقيم إلى حين الزراعة.

ويحصل على أفضل النتائج من استعمال البازاميد حينما تحتوى التربة على رطوبة بنسبة ٦٠٪-٧٠٪ من سعتها الحقلية لمدة ٨-١٤ يومًا — قبل المعاملة بالمبيد — حسب درجة الحرارة السائدة. ففى مثل هذه الظروف تكون الآفات ومسببات الأمراض فى أكثر

حالاتها حساسية للمبيد، كما تكون البذور قد باشرت الإنبات؛ حيث تكون أكثر عرضة للتسمم بالمبيد.

وعند تعقيم مخاليط الزراعة بالبازاميد يتم فرش المخلوط على شريحة من البوليثيلين ثم يضاف البازاميد — بين طبقات من المخلوط — بمعدل ٢٠٠–٣٠٠ جم من المبيد لكل متر مكعب من بيئة الزراعة، مع خلط المبيد جيدًا مع طبقة المخلوط فى كل مرة. يكوّم المخلوط حتى ارتفاع متر، ثم يُرش بالماء أو يُغطى بشريحة بلاستيكية. يُترك المخلوط على هذا الوضع لمدة ٤–٢٥ يومًا — حسب درجة الحرارة — ثم يُهوى المخلوطُ بنقله باستعمال "الكريك"، ويترك لمدة ٢–١٠ أيام. ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار تحريك المخلوط باستعمال الكريك؛ وذلك للسماح بزيادة سرعة خروج الغازات من كومة مخلوط الزراعة.

ويمكن استعمال البازاميد فى حقول الزراعة على صورة حزام مكان خط الزراعة المتوقع. يكون عرض الحزام — عادة — ٢٠ سم، وتكون إضافة المبيد حتى عمق ٢٠ سم، بمعدل ٤٠–٦٠ جم/م^2 من سطح الأرض. وتلزم زيادة كمية المبيد المستعملة بمقدار ١٥–٢٠ جم/م^2 من سطح الأرض مع كل ١٠ سم إضافية عمقًا يُراد تعقيمها. يراعى خلط المبيد جيدًا بالتربة الناعمة، والتأكد من الزراعة فى منتصف الحزام بعد انتهاء فترة التعقيم والتهوية. ويفيد ذلك فى السماح للنباتات الصغيرة بالنمو فى بيئة خالية من مسببات الأمراض والآفات. إلى أن تكبر فى العمر والحجم، وتصبح أكثر قدرة على تحمل الإصابات المرضية، أو أقل تأثرًا بتلك الإصابات المتأخرة. ويتوقف عرض وعمق الحزام — الذى يمكن تعقيمه — على الفترة التى يُراد أن تنمو خلالها النباتات دون أن تتعرض للإصابة بالأمراض والآفات.

بعد انتهاء المعاملة بالبازاميد يجب تفكيك الطبقة السطحية من التربة حتى العمق الذى سبق خلطه بالمبيد. مع الحذر من إثارة التربة لأعماق أكثر من ذلك؛ حتى لا تختلط الطبقات السفلى غير المعقمة مع الطبقة العلوية المعقمة.

ويسمح بمرور فترة تتراوح بين ٤ أيام و ٢٢ يومًا — حسب درجة الحرارة — لتهوية التربة قبل الزراعة فيها من جديد.

وتتوقف فترة التعقيم وفترة التهوية المناسبتان على طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة. وفى الأراضى الطميية تكون تلك الفترات كما يلى:

الحرارة (°م)	فترة التعقيم (يوم)	فترة التهوية قبل الزراعة (يوم)
≥ ٢٥	٤	٤
٢٠	٦	٥
١٥	٨	٧
١٠	١٢	١٢
٦	٢٥	٢٢

وتكون تلك الفترات أقصر فى الأراضى الخفيفة.

ولا تجوز المعاملة بالبازاميد عند انخفاض حرارة التربة عن ٦°م، وإلا تسرب المبيد بعمق فى التربة؛ محدثًا أضرارًا بعد ذلك. وإذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع قلت فاعلية المبيد؛ نظرًا لسرعة تبخره فى الهواء الخارجى. ويمكن تقصير فترة التهوية بتكرار إثارة التربة (نشرة BASF).

الفورمالدهيد

يستخدم الفورمالدهيد Formaldehyde فى تعقيم الشاتل الأرضية، ومخاليط الزراعة وأوعية نمو النباتات، ويستعمل لذلك الفورمالين التجارى الذى تبلغ قوته ٣٧٪.

لتعقيم مخاليط الزراعة يستعمل الفورمالين التجارى بمعدل ٢,٥ ملعقة كبيرة فى كوب ماء لكل بوشل (١٠ لترات تقريبًا) من المخلوط. ويجب ألا تقل درجة حرارة المخلوط عن ١٣°م، وأن يُحاط بالبلاستيك أثناء المعاملة.

ولتعقيم أوعية نمو النباتات يخفف الفورمالين التجارى بالماء بنسبة ١ : ٢٠. وتغمر الأوعية والأدوات المراد تعقيمها فى المحلول المخفف، ثم تصفى منه، وتترك تحت غطاء بلاستيكى لمدة ٢٤ ساعة، ثم تُكشف وترش بالماء عدة مرات إلى أن تختفى رائحة الفورمالدهيد، ويستغرق ذلك ٤ أيام.

أما تعقيم تربة المشاتل الحقلية فيتم برش الفورمالين التجارى المخفف بالماء بنسبة ١ : ٥٠ على سطح التربة — بعد تجهيزها — بمعدل حوالى ٢٠–٤٠ لتر/م٢، ثم تُغطى التربة المعاملة بالبلاستيك لمدة يوم أو يومين. وبعد ذلك يرفع الغطاء، وتترك مهواة لمدة ١٤–٢١ يومًا قبل استعمالها فى الزراعة. ولا تزرع المشاتل قبل أن تزول منها رائحة الفورمالدهيد.

هذا .. وتعد أبخرة المبيد سامة للنباتات النامية؛ الأمر الذى يعنى عدم جواز استخدامه بالقرب من نباتات نامية، وخاصة لو وجدت النباتات مع التربة أو المواد التى يُراد تعقيمها فى حيز واحد مغلق، كما فى الزراعات المحمية (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣).

ويستدل من دراسات Avikainen وآخرين (١٩٩٣) على أن الفورمالين (٣٧٪ فورمالدهيد) أفاد فى مكافحة كل من: فطر البثيم مسبب مرض تساقط البادرات فى الخيار عند استعماله فى تعقيم بيئة زراعة أساسها البيت موس، وكذلك فطريات *Phomopsis sclerotioides*، و *Verticillium dahliae*، و *Didymella bryoniae* فى البيت.

الفابام (الميثام صوديوم)

إن الفابام Vapam عبارة عن ميثام صوديوم metham-sodium (وهو Sodium N-methyldithiocarbamate)، وهو مبيد سائل قابل للذوبان فى الماء يستخدم فى التخلص من النيماتودا، والفطريات، ومعظم الحشائش. ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠°م على الأقل. يكوّن المبيد غازًا يتخلل التربة بسرعة، ويضاف رشًّا على سطح التربة، أو مع ماء الرى، أو بآلات حقن خاصة. تعامل مراقد البذور بمعدل نحو لتر من المبيد فى ٩ لترات ماء لكل نحو ١٠م٢ من المساحة. يجب الرى بعد المعاملة مباشرة والانتظار لمدة ٢–٣ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة. ولا يعد هذا المبيد سامًّا للإنسان كالمبيدات الأخرى (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

تتطلب المعاملة الفعّالة بالميثام صوديوم من خلال شبكة الرى بالتنقيط أن تكون المصاطب ضيقة نسبيًّا وشبكة الرى تغطى كل جزء منها، وأن تكون النقاطات قريبة من بعضها البعض نسبيًّا لكى يصل المبيد بتجانس مع ماء الرى لكل أجزاء المصطبة وحتى العمق

المناسب الذى يكون فى حدود ٢٥ سم، علمًا بأن استخدام شبكة رى بالتنقيط تحت سطح التربة على عمق ٥ سم يكون أفضل لهذا الغرض. ويفضل استخدام غطاء بلاستيكى للتربة، لكن مع عدم تثبيته لأجل الزراعة أو الشتل من خلاله قبل انتهاء المدة اللازمة للمعاملة بالمبيد (Noling ٢٠٠٣).

وقد وجد أن التعقيم بالميثام صوديوم كان أكثر فاعلية فى القضاء على الأجسام الحجرية الصغيرة microsclerotia للفطر *Verticillum dahliae* فى التربة الباردة (٢°م) المبتلة wet (–٢٣ جول/كجم) عما فى التربة الدافئة (٢٢°م) الرطبة (–١١٣ جول/كجم) والجافة (–٢٤٨٥ جول/كجم) (Saeed وآخرون ١٩٩٧).

هذا .. ولم تكن المعاملة بالميثام صوديوم مجدية إلا عندما خلِط المبيد بالروتيفيتور مع التربة بمعدل ٩٣٥ لتر للهكتار (٣٩٠ لتر/فدان)، حيث حققت المعاملة مكافحة جيدة لعفن التاج والجذر الفيوزارى (الذى يسببه الفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) فى الطماطم تساوت مع تلك التى حققتها المعاملة ببروميد الميثايل مع الكلوروبكرن. هذا بينما لم تكن المعاملة بالميثام صوديوم على سطح التربة المغطاة بالبلاستيك من خلال شبكة الرى بالتنقيط أو بالحقن مجديًا (NcGovern وآخرون ١٩٩٨).

وأدت المعاملة المتعاقبة بكل من الكلوروبكرن والميثام صوديوم إلى تحسين محصول الفراولة ومكافحة ذبول فيرتسيلليم، لكن الميثام صوديوم منفردًا لم يعط مكافحة كافية أو زيادة فى المحصول. وبالمقارنة فقد أعطت المعاملة بالميثايل أيوديد methyl iodide نتائج — فيما يتعلق بالمحصول ومكافحة الأمراض — مماثلة لتلك التى حُصل عليها عند المعاملة ببروميد الميثايل المخلوط بالكلوروبكرن (Duniway ٢٠٠٥).

وقد أعطت المعاملة بالميثام صوديوم مع الفورمالين بجرعة تبلغ ٣٠٪ من الموصى بها لكل مبيد على حدة مكافحة جيدة (فى حدود ٤٠٪–٨٠٪) لكل من الذبول الفجائى فى الكنتالوب، وعفن التاج فى الطماطم وذبول فيرتسيلليم فى البطاطس، مع زيادة فى كمية المحصول وجودته (Peretz-Alon & Ucko ٢٠٠٥).

الفورلكس

يستخدم الفورلكس Vorlex فى التخلص من النيماتودا والحشائش والفطريات. ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠ْم على الأقل. ويجب الانتظار لمدة ٢-٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة. وهو سام للنباتات. وتجب تغطية الأرض بالبلاستيك عقب المعاملة.

التمك Temik والفايدت Vydate

كلاهما يستخدم فى التخلص من النيماتودا وبعض الحشائش والفطريات. ولا يجوز استخدامهما إلا عندما تكون حرارة التربة ١٠ْم على الأقل (Hanan وآخرون ١٩٧٨).

يوديد الميثايل

يعد يوديد الميثايل أفضل من بروميد الميثايل فى تعقيم التربة، فهو يتحطم سريعًا بفعل الأشعة فوق البنفسجية؛ وبذا .. فهو لا يُسهم غالبًا فى القضاء على طبقة الأوزون فى الغلاف الجوى كما يسهم بروميد الميثايل. وعندما استخدم بمعدل مولارى مساوٍ لمعدل استخدام بروميد الميثايل فإنه كان مماثلاً لبروميد الميثايل أو أفضل منه فى مكافحة عدد من المسببات المرضية والنيماتودا والحشائش. كما تبين لدى مقارنة يوديد الميثايل بغيره من الـ alkyliodides أنه كان أفضل منها تأثيرًا كمعقم للتربة (Ohr وآخرون ١٩٩٦، و Martin ٢٠٠٣).

ولقد أظهرت الدراسات التى أجريت فى كاليفورنيا أن تبخير التربة بنحو ٦٨ كجم كم يوديد الميثايل يعادل فى فاعليته ١١٣,٥-١٢٢,٥ كجم من بروميد الميثايل، علمًا بأن الأول كان مثل الثانى — أو أفضل منه — فى القضاء على بذور الحشائش، والنيماتودا، والمسببات المرضية التى تجد فى التربة مأوى لها (University of California Delivers — الإنترنت — ٢٠٠٨).

وقد أعطت معاملة تبخير التربة بمخلوط ٩٨:٢ أو ٥٠:٥٠ من يوديد الميثايل مع الكلوروبكرن بمعدل ٥٢ أو ٨٤ كجم للفدان مكافحة جيدة لخليط من نوعى السعد:

القرمزى *Cyprus rotundus* والأصفر *Cyprus esculentus* تماثلت فى كفاءتها مع معاملة بروميد الميثايل مع الكلوروبكرن (Gilreath & Santos ٢٠١١).

السيستان

السيستان Sistan مبيد سائل يستخدم فى تعقيم أرض البيوت المحمية والأوعية ومخاليط التربة المستخدمة فى المشاتل، كما يستخدم أيضًا فى تعقيم الحقول المكشوفة. وعند المعاملة يتحلل السيستان فى التربة، وينطلق منه المركب الفعّال، وهو — كما فى البازاميد — methyl isothiocyanate.

ويتميز السيستان بفعاليته ضد عديدٍ من الآفات؛ منها: النيماتودا، وفطريات التربة. وبعض الآفات الحيوانية، وعديد من الحشائش الحولية، كما يؤدى استعماله إلى زيادة فى الآزوت الميسر بالتربة.

ويجب ألا يستخدم المبيد إذا كانت حرارة التربة أقل من ٧°م، ويَحْسُن ألا تقل عن ١٠°م.

وقد يستخدم فى تعقيم أرض الصوبات إما مع ماء الرى (بمعدل ١,٢ لترًا فى ١٢٠ لتر ماء/١٠م٢)، وإما بالحقن على عمق ٢٠ سم على مسافات ٣٠ سم (بمعدل ١,٢ لترًا/١٠م٢).

هذا .. ويجب أن تمر سبعة أسابيع بين المعاملة والزراعة؛ حيث تقفل الصوبة أو يحكم غطاء بلاستيكى على التربة لمدة أسبوعين بعد المعاملة، ثم تُحرث التربة مرة ثانية، وتُترك بحالتها لمدة أسبوعين آخرين. ولا يجب إعداد الأرض للزراعة قبل مرور خمسة أسابيع من أول حرثة بعد المعاملة. وفى حالة المعاملة عند ارتفاع درجة الحرارة يجب رش سطح التربة بالماء على فترات بعد المعاملة (نشر المبيد، شركة Unicrop).

التيلون

التيلون Telone عبارة عن 1,3-dichloropropene (اختصارًا: 1,3-D)، ويتوفر منه Telone II، و Telone C-17. إن التيلون مبيد نيماتودى فعّال، كما يفيد فى قتل حشرات

التربة وبعض الفطريات. وهو قد يستعمل منفردًا أو مخلوطًا مع الكلوروبكرن (عن Ristaino & Thomas ١٩٩٧).

الـ دى دى

يستخدم الـ دى دى D-D (وهو مخلوط من 1,3-dichloroprepne مع 1,2-dichloropropane) فى التخلص من النيماتودا والحشرات، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠ °م على الأقل. وتعامل به التربة بمعدل ٢٠٠-٣٧٥ لترًا/هكتار (٨٤-١٥٨ لتر/فدان). ويجب الانتظار لمدة ٢-٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة. وهو سام للنباتات.

هذا .. وتفيد المعاملة بالـ 1,3-dichloropropene (اختصارًا: 1,3-D) كبديل لبروميد الميثايل فى تعقيم التربة، حيث تعطى مكافحة تامة لنيماتودا تعقد الجذور، وتفيد فى خفض كثافة تواجد مسببات الأمراض فى التربة، لكنها لا تعطى سوى مكافحة متوسطة للحشائش (Qiao وآخرون ٢٠١٢).

الداى ميثايل داى سلفيد

أدت معاملة التربة بالـ داى ميثايل داى سلفيد dimethyl disulphide بمعدل ٨٠ جم لكل متر مربع من التربة، مع التغطية لمدة أسبوع إلى القضاء التام على كل من الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Verticillium dahliae*، وعلى ٨٥٪ من الفطر *Sclerotium rolfsii* مقارنة بمكافحة ١٠٠٪ للفطر عندما كانت المعاملة ببروميد الميثايل. هذا ولم يختلف محصول الفراولة جوهريًّا بين معاملتى الـ Dimethyl disulphide وبروميد الميثايل (Fritsch — العدد رقم ٦٩٨ من .Acta Hort ٢٠٠٥).

آزايد الصوديوم

تعد المحاليل المائية لآزايد الصوديوم sodium azide ثابتة فى pH أعلى من ٩,٠. ولكنها تتحول إلى المعقم حامض الأيدرازوِّك hydrazoic acid (NH_3) فى pH يقل عن ٨,٠.

وللمعاملة به حقليًّا يخلط هذا المركب مع مادة حاملة مثبتة ذات pH يزيد عن ٩,٠، ومع حقنه فى شبكة الرى فإن تلك التركيبه تحميه بتحويله إلى حامض الأيدرازوِّك إلى أن يصل إلى التربة التى يُراد تعقيمها، ومع فترة نصف حياة للمركب تعد بالأيام، فإن احتمالات تلوث المياه الجوفية به تُعد شبه معدومة.

ولقد وجد أن المعاملة بآزايد الصوديوم تكافح مسببات الأمراض، والنيماتودا والحشائش، شريطة إجراء المعاملة حتى العمق الذى تصل إليه معظم الجذور؛ الأمر الذى يتوفر بالمعاملة مع ماء الرى بالتنقيط. ويستعمل المركب — عادة — بمعدل ٤٧ كجم للفدان (Martin ٢٠٠٣).

كما وجد أن آزايد الصوديوم sodium azide — فى الصورة السائلة التى طورها R. Rodriguez-Kabana الأستاذ بجامعة أوبورن Abuburn University — يؤدى عند حقنه فى التربة من خلال شبكة الرى بالتنقيط تحت غطاء بلاستيكى إلى القضاء على بذور الحشائش ومسببات الأمراض والنيماتودا والحشرات؛ وبذا .. فهو يعد بديلاً جيدًا لبروميد الميثايل؛ علمًا بأنه يتحلل فى التربة إلى سماد يفيد النباتات. ويتوفر المنتج التجارى لهذا المركب تحت اسم SEP-100 (Southeast Farm Press — الإنترنت — ٢٠٠٨).

فوسفيد الألومنيوم

يستخدم فوسفيد الألومنيوم aluminium phosphide كمبخر واسع الانتشار فى المخازن لقدرته على قتل مدى وسع من حشرات الحبوب المخزنة، ولسهولة اختراقه للمنتجات المخزنة، بينما لا يترك سوى آثار من المتبقيات. وقد وجد أن استعمال فوسفيد الألومنيوم بمعدل ٥٦,٢٥ كجم/هكتار (٢٣,٦ كجم/فدان) كان فعّالاً مثل بروميد الميثايل فى زيادة طول نباتات الطماطم وقوة نموها، مع المحافظة على إنتاج الثمار بصورة ممتازة؛ ومحققًا مكافحة متوسطة لكل من النيماتودا والحشائش؛ بما يسمح باستخدامه كبديل لبروميد الميثايل فى هذا الشأن واستعماله بكفاءة فى برنامج للمكافحة المتكاملة (Qiao وآخرون ٢٠١١).

التعقيم (أو التطهير) بهيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم

يستعمل هيبوكلوريت الصوديوم Sodium Hypochlorite، أو الكالسيوم Calcium Hypochlorite في تطهير أواني الزراعة التي يعاد استعمالها. ويستخدم لهذا الغرض مستحضرات التنظيف التجارية (مثل الكلوراكس Chlorox) التي تحتوى — عادة — على هيبوكلوريت الصوديوم بنسبة ٥,٢٪، وذلك بعد تخفيفها بالماء بنسبة ١ : ٥.

وقد أفاد هيبوكلوريت الصوديوم في مكافحة كل من: فطر البثيم *Pythium* — المسبب لمرض تساقط البادرات — في البيت، و *Phomopsis sclerotioides* في الرمل، و *Verticillium dahliae* في الرمل والبيت (Avikainen وآخرون ١٩٩٣). كما وجد Maheshwari & Saini (١٩٩٢) أن إضافة ١٠ كجم من مسحوق التبيض Bleaching Powder للهكتار (٤,٢ كجم للفدان) مع ماء الرى أدت إلى مكافحة مرض الجذع الأسود — التي تسببه البكتيريا *Erwinia carotora* spp. *atroseptica* في البطاطس بصورة أفضل من الرش بالاستربتوسيكلين Streptocycline أو أوكسى كلورور النحاس.

الأوزون

إن الأوزون Ozone عبارة عن غاز يولدّ في موقع الاستعمال بالاستعانة بمولدات أوزون متنقلة، ويتراوح معدل الاستعمال بين ١٢، و ١٨٨ كجم/فدان (عن Martin ٢٠٠٣).

ولقد أدت معاملة التربة بأى من الأوزون أو الترايكودرما *Trichoderma* spp. إلى خفض نسبة نباتات الطماطم المصابة بأى من الجذر الفليني، أو عفن الجذر الفيوزارى، أو الذبول الفيوزارى مع زيادة النمو النباتى، وكذلك زيادة المحصول بنسبة وصلت إلى ٤٠٪ (Bourbos & Barbopoulou ٢٠٠٥).

الفصل الحادى عشر

تعقيم (أو بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

طريقة إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى

مجمل الطريقة ومتطلبات نجاحها

يتعين عند تعقيم التربة بالتشميس تنعيمها جيدًا لكى يمكن فرد الغشاء البلاستيكى عليها وجعله ملامسًا لكل سطح التربة؛ ذلك لأن وجود كتل التربة (القلاقيل) يعنى وجود جيوب هوائية تحت الغطاء تعمل كعازل بينه وبين التربة؛ مما يقلل فى فرصة رفع حرارة التربة بالتشميس.

وللسبب ذاته لا يجوز استهداف تعقيم الحقل كله بالتشميس إذا كان مجهزًا على صورة خطوط أو مصاطب، إلاّ إذا كان الهدف هو تعقيم سطح المصاطب فقط، وهو أمر غير مستحب لأنه يوفر فرصة لإعادة تلوث تربة سطح المصاطب المعقمة من التربة المجاورة لها غير المعقمة (DeVay ١٩٩١ب).

تتلخص طريقة بسترة التربة بالتشميس soil solarization فيما يلى:

١- إزالة المخلفات النباتية من الزراعة السابقة.

٢- الحراثة العميقة للتربة.

٣- إضافة سبلة غير متحللة (طازجة) وخلطها جيدًا بالتربة.

٤ - غمر الحقل بالماء بمعدل ٢٠٠-٢٥٠م^{3} للفدان.

٥- غمر الحقل مرة أخرى بالماء بعد أسبوعين بمعدل ١٧٥-٢٥٠م^{3} للفدان.

٦- حراثة التربة وتنعيمها بعد ١٠-١٢ يومًا.

٧- مدّ خطوط الرى بالتنقيط.

٨- تغطية التربة بغشاء بلاستيكى شفاف، مع تغطية حواف الغشاء جيدًا بالتربة.

٩- إضافة الماء بمعدل ٢٥م^{3} للفدان.

١٠- إضافة الماء كل خمسة أيام — لمدة ٤٥ إلى ٥٠ يومًا — بمعدل ١٧,٥م^{3} للفدان.

ويفيد الجمع بين الإضافات العضوية والبسترة بالتشميس soil solarization فى زيادة فاعلية التشميس بفعل الحرارة التى تنتج من تحلل المادة العضوية.

ومن أهم مزايا بسترة التربة بالتشميس ما يلى:

١- تفيد فى جميع الحالات التى لا يتوفر فيها مبيدات مسجلة للاستعمال.

٢- يُسمح بها فى حالات الإنتاج العضوى.

٣- تعطى دفعة قوية للنمو النباتى القوى المبكر.

أما أهم عيوبها فهى:

١- يلزم الاستغناء عن الأرض لمدة شهر إلى شهرين.

٢- ضرورة توفر ماء الرى، حيث لا يناسبها الاعتماد على مياه الأمطار.

٣- ضرورة أن تكون الحرارة عالية خلال فترة التشميس.

٤- لا تقضى على المسببات المرضية التى قد تتواجد عميقًا فى التربة.

٥- تحتاج إلى آليات خاصة عند الرغبة فى تشميس مساحات كبيرة.

٦- إذا وجدت مساحات غير معقمة بين مصاطب معقمة فإنها تكون مصدرًا للتلوث بالمسببات المرضية.

ويمكن الرجوع إلى الدراسات المبكرة حول بسترة التربة بالتشميس soil solarization فى مقال Katan (١٩٨١) الذى تناول فيه الموضوع من مختلف جوانبه، مع التركيز على الدراسات التى أجراها بنفسه ومع معاونيه حول هذا الموضوع فى إسرائيل.

ويعد DeVay وآخرون (١٩٩١) من أشمل المراجع التى تتناول موضوع بسترة التربة بالتشميس، أو ما يُعرف باسم soil solarization، وهو عبارة عن وقائع لمؤتمر نظمته منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة.

إعداد التربة للتعقيم

يجب أن تكون التربة المراد تعقيمها مستوية وخالية من الحشائش والنباتات، والمخلفات النباتية والكتل الترابية الكبيرة التى ترفع البلاستيك؛ مما يؤدى إلى تواجد جيوب هوائية تقلل من كفاءة عملية التعقيم؛ ولذا .. يجب توجيه عناية خاصة إلى عملية تنعيم التربة وجعلها مستوية تمامًا.

يحرث الحقل المراد تعقيمه جيدًا حتى عمق ٣٠-٣٥ سم، ثم يروى جيدًا بالرش، أو بالتنقيط، أو بالغمر. وبعد أن تجف التربة إلى درجة تسمح بمرور الجرارات الزراعية عليها (ويستغرق ذلك مدة يوم أو يومين فى الأراضى الخفيفة). يغطى سطح التربة بشرائح بلاستيكية شفافة بسمك ٤٠-٨٠ ميكرونًا، وتشد جيدًا لمنع تواجد أية جيوب هوائية تحتها، ثم تترك لمدة ٤-٨ أسابيع. هذا .. مع العلم أن شرائح البوليثيلين الرقيقة هذه تكون قليلة التكلفة، ولها نفس فاعلية الشرائح السميكة.

وقد تترك مسافات بين شرائح البلاستيك للمرور عليها، وتلك المسافات تكون غير معقمة، وتشكل مصدرًا لإعادة إصابة الحقل. وتلزم المحافظة على شرائح البلاستيك أثناء التغطية من الأضرار التى يمكن أن تحدثها الطيور أو الماشية.

ويلزم لنجاح هذه الطريقة فى تعقيم التربة مراعاة ما يلى:

١- أن تظل التربة رطبة أثناء فترة التغطية؛ لزيادة حساسية الكائنات المسببة للأمراض الموجودة بها، ولزيادة مقدرتها على التوصيل الحرارى.

٢- إطالة فترة التغطية لمكافحة الكائنات المسببة للأمراض، والتى تكون متعمقة فى التربة؛ لأن الحرارة لا ترتفع كثيرًا؛ حيث تتواجد هذه الكائنات.

اختيار البلاستيك المناسب للتعقيم

يفضل لتعقيم التربة استعمال بلاستيك بسمك ٢٥ ميكرونًا؛ لأنه يكون أرخص وأكثر كفاءة. لكن نظرًا لكثرة تعرضه للتمزق من أقل ضغط عليه .. يفضل بلاستيك بسمك ٤٠-٨٠ ميكرونًا، مع الحرص على رتق أية تمزقات باستعمال شريط لاصق شفاف. ولا

يفضل استعمال بلاستيك يزيد سمُكه على ٨٠ ميكرونًا؛ لأنه يعكس قدرًا أكبر من الأشعة الشمسية؛ مما يؤدى إلى انخفاض كفاءته فى رفع حرارة التربة.

ويمكن استعمال بلاستيك شفاف يحتوى على مثبطات للأشعة فوق البنفسجية، تعمل على إبطاء تدهوره بفعل تلك الأشعة؛ الأمر الذى يسمح بإطالة فترة التعقيم، أو حفظه بعد التعقيم وإعادة استعماله، أو استمرار استعماله بعد التعقيم كغطاء بلاستيكى للتربة.

يؤدى استعمال طبقتين من شرائح البوليثيلين بينهما ٧,٥ سم أو أكثر من الهواء إلى زيادة كفاءة عملية تعقيم التربة بالتشميس، حيث يزداد ارتفاع حرارة التربة بنحو ٣–١٠ درجات مئوية (DeVay ١٩٩١أ).

إذا سادت الأمطار — وبالتالى كثرت السحب — خلال موسم ارتفاع درجة الحرارة فإن ذلك لا يتناسب مع عملية تعقيم التربة بالتشميس باستخدام البوليثيلين الشفاف، ولكن يفيد — فى تلك الحالات — استعمال بلاستيك حرارى ممتص للأشعة تحت الحمراء، حيث تكون حرارة التربة تحته أعلى مما تكون عليه تحت البلاستيك العادى (Martin ٢٠٠٣).

وقد وجد أن حرارة التربة تحت غطاء شفاف ممتص للأشعة الحرارية تحت الحمراء clear, thermal infrared absorbing film كانت أعلى مما كانت عليه تحت جميع الأغطية الأخرى (بوليثيلين عادى شفاف قليل الكثافة بسمك ٣٠ ميكرون أو أسود أو غشاء فقاعى مزدوج)، وذلك فى ظروف جوية رطبة وملبدة بالغيوم (Chase وآخرون ١٩٩٩).

طريقة التغطية بالبلاستيك

يمكن إجراء التعقيم إما فى شرائط (لا يقل عرضها عن ٦٠–٩٠ سم) فوق مصاطب الزراعة، وإما بتغطية كل سطح التربة. تتميز طريقة الشرائط المعقمة بانخفاض تكلفتها. إلا أنه يترتب عليها تواجد مساحات غير معقمة بين الشرائط المعقمة تشكل مصدرًا لإعادة تلوث الجزء المعقم.

وعند تغطية كل الحقل بالبلاستيك يتعين الترديم جيدًا بالتربة حول حواف الشرائح البلاستيكية المتجاورة، أو لصقها معًا بشريط لاصق شفاف مقاوم للحرارة.

أهمية رطوبة التربة خلال فترة التعقيم

يجب أن تبقى التربة رطبة طوال فترة التعقيم؛ لأن الرطوبة تجعل الكائنات الدقيقة المرضة أكثر حساسية للحرارة، فضلاً عن كونها تزيد من سرعة التوصيل الحرارى، وتجعل ارتفاع الحرارة يمتد إلى عمق أكبر فى التربة. ويتحقق ذلك فى الأراضى الثقيلة؛ وذلك برى التربة رية غزيرة، ثم فرش البلاستيك فى أقرب وقت ممكن بعد ذلك. أما فى الأراضى الرملية التى تُروى بالتنقيط، فإن شبكة الرى يجب أن تبقى تحت البلاستيك مع الرى مرة واحدة أو مرتين أسبوعيًا خلال فترة التعقيم؛ وذلك للمحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة خلال التعقيم.

وعمومًا .. يجب أن تكون رطوبة التربة حتى عمق ٦٠ سم فى حدود ما لا يقل عن ٧٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية (DeVay ١٩٩١ب).

فترة التغطية المناسبة

كلما طالت فترة التغطية بالبلاستيك ازدادت كفاءة عملية التعقيم؛ حيث يزداد الارتفاع فى حرارة التربة ويكون لعمق أكبر. وغالبًا ما يكفى التعقيم لمدة ٤-٦ أسابيع خلال أشد المواسم حرارة، ولكن إطالة الفترة إلى ٨ أسابيع يكون أكثر فاعلية.

هذا .. وتستمر فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى — عادة — لموسمين زراعيين كاملين.

أهمية الإضافات العضوية للتربة

وجد أن الإضافات العضوية للتربة توفر — أثناء بسترة التربة بالتشميس — دورًا حاميًا يعمل على حماية الكتلة الحيوية الميكروبية والأنشطة الإنزيمية من التأثيرات الضارة لارتفاع الحرارة (Scopa & Dumontet ٢٠٠٧).

فقد أدت البسترة بالإشعاع الشمسى إلى قتل بذور الهالوك التى وضعت على سطح

التربة فقط، بينما أدت إضافة سبلة الدواجن — مع معاملة البسترة — إلى القضاء على بذور الهالوك التى وضعت فى أعماق مختلفة بالتربة حتى ١٠ سم (Haidar & Sidahmed ٢٠٠٠).

وأفادت إضافة المخلفات العضوية من أى من الجرجير البرى، أو الطرخون tarragon، أو النعناع، أو المريمية، مع التعقيم الشمسى solarization فى التخلص من نيماتودا تعقد الجذور *M. javanica* بالتربة (Klein وآخرون ٢٠١٢).

وأمكن تحقيق مستوى جيدًا من تطهير مصاطب زراعة الفلفل من النيماتودا وفطريات التربة بالمعاملة المشتركة بكل من: الرى بـ ١٠ سم ماء لتوفير ظروف لاهوائية + إضافة سبلة دواجن متحللة جزئيًا + التعقيم الشمسى solarization. ويعتقد بأن هذه الطريقة يمكن أن تكون بديلاً للتعقيم ببروميد الميثايل (Butler وآخرون ٢٠١٢).

الجمع بين البسترة بالتشميس مع المكافحة الحيوية

أدت بسترة التربة بالتشميس مع معاملتها بفطر المكافحة الحيوية *Gliocladium virens* إلى تحقيق مكافحة جيدة للأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium rolfsii* ولمرض اللفحة الجنوبية فى الطماطم الذى يسببه الفطر (Ristaino وآخرون ١٩٩١).

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة

إذا أجرى التعقيم بالإشعاع الشمسى — بصورة صحيحة — خلال شهور الصيف الحارة، فإن درجة الحرارة ترتفع تحت الغطاء البلاستيكى إلى ما بين ٦٠°م على عمق ٥ سم و ٣٩°م عند عمق ٤٥ سم.

ويكون هذا الارتفاع فى حرارة التربة سببًا رئيسيًّا فى القضاء على عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة، إما بصورة مباشرة، وإما بصورة غير مباشرة من خلال تأثير عملية التعقيم على بيولوجى التربة، كما سيأتى بيانه فيما بعد.

تتفاوت الكائنات الدقيقة فى تأثرها بالحرارة بسبب تباينها فى حساسية أغشيتها الخلوية وتباين محتواها من إنزيمات التنفس فى تأثرها بالحرارة العالية (DeVay ١٩٩١ب).

يلزم للتخلص من الكائنات الدقيقة المتوسطة التحمل للحرارة mesophylic organisms حوالى ٢-٤ أسابيع من التعرض لحرارة ٣٧ °م، ولكن تلك الفترة تنخفض إلى ست ساعات عند ارتفاع الحرارة إلى ٤٧ °م (DeVay ١٩٩١أ).

على الرغم من تباين الكائنات التى تعيش فى التربة فى الجرعات الحرارية (الحرارة والمدة) القاتلة لها، فإنه يكفى — عادة — دقائق قليلة من التعرض لحرارة تزيد عن ٤٥ °م للوصول إلى ٩٠٪ قتل، أو ما يعرف بـ LD_{90} (Stapleton ١٩٩١ — FAO Plant Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

أولا: مسببات الأمراض

يؤدى تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على عديدٍ من الفطريات التى تعيش فى التربة وتصيب مختلف المحاصيل الزراعية؛ مثل (عن Katan ١٩٨٠):

الفطر	المحاصيل	المرض
Verticillium dahliae	الطماطم — البطاطس — الباذنجان — الفراولة — القطن — الزيتون	ذبول فيرتسيليم
Fusarium oxysporum	الطماطم — القاوون — البصل — الفراولة — القطن	الذبول الفيوزارى
Pyrenochaeta terrestris	البصل	الجذر الوردى
Pyrenochaeta lycopersici	الطماطم	الجذر الفلينى
Sclerotium rolfsii	الفول السودانى	اللفحة الجنوبية
Rhizoctonia solani	البطاطس — البصل — الفاصوليا — القطن	عفن الجذور وتساقط البادرات
Thielaviopsis basicola	القطن	عفن البذور والجذور

الفطر	المحاصيل	المرض
Pythium ultimum	القطن	الذبول الطرى
Pythium myrothecium	الفول السودانى	عفن القرون
Plasmodiophora brassicae	الكرنب	الجذر الصولجانى
Didymella lycopersici	الطماطم	عفن ديدملا الساقى والجذرى

ومن مسببات الأمراض الأخرى — التى كوفحت عن طريق تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى — ما يلى:

١- الفطريات *Fusarium solani*، و *F. oxysporum*، و *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani* فى الطماطم (الأسعد وأبو غريبة ١٩٨٦).

٢- الفطر *Sclerotium rolfsii* فى الفلفل (Stevens وآخرون ١٩٨٨أ) والطماطم (Ristaino وآخرون ١٩٩١).

٣- الفطر *Pyrenochaeta terrestris* المسبب لمرض الجذر الوردى فى البصل (Hartz وآخرون ١٩٨٩).

٤- الفطر *Penicillium pinophilum* الذى يحدث تقزمًا لنباتات الطماطم (Gamliel & Katan ١٩٩١).

٥- الفطران *Phytophthora cactorum*، و *P. citricola* (Hartz وآخرون ١٩٩٣).

٦- الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ (González-Torres وآخرون ١٩٩٣).

٧- الفطر *Plasmodiophora brassicae* مسبب مرض الجذر الصولجانى فى الصليبيات، وكان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة من استعمال الدازوميت dazomet فى مكافحة الفطر (Porter وآخرون ١٩٩١، و Rod ١٩٩٤).

٨- الفطر *Selerotinia minor* مسبب مرض سقوط الخس lettuce drop. اعتمد التعقيم على وجود نفق بلاستيكى محكم الغلق، أدى إلى رفع حرارة الهواء داخل النفق إلى ٦٠ْم وحرارة التربة إلى ٤٥ْ-٥٥ْم، وقد انخفض معدل الإصابة بالمرض — عند زراعة الخس بعد انتهاء فترة التعقيم — بمقدار ٥٠٪-٦٧٪ (Fiume ١٩٩٤).

٩- الفطران *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، و *Phytophthora parastica* var. *parasitica*، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* فى الطماطم. وقد كان النقص جوهريًّا فى كثافة الفطر الأول حتى عمق ٥ سم فقط، بينما كان النقص جوهريًّا فى كثافة الفطر الثانى وبكتيريا الذبول حتى عمق ٢٥ سم، و ١٥ سم على التوالى. وبالرغم من أن تبخير التربة بمخلوط من بروميد الميثايل، والكلوروبكرن بنسبة ٧٦ : ٣٣ حقق مكافحة جيدة للفطرين حتى عمق ٣٥ سم، إلا أن نتائج تبخير التربة كانت متباينة بالنسبة لمكافحة بكتيريا الذبول. ولكن تبخير التربة مع التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث مزيدًا من النقص فى كثافة *R. solanacearum* (Chellemi وآخرون ١٩٩٤أ).

وبالمقارنة .. وجد فى دراسة أخرى أن التعقيم بالإشعاع الشمسى لم يكن له أى تأثير على البكتيريا *R. solanacearum* المسببة لمرض الذبول البكتيرى فى الطماطم (Chellemi وآخرون ١٩٩٤ب).

١٠- أدت إضافة البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى التربة قبل تعريضها للتشميس solarization إلى تحقيق أكبر مكافحة لبكتيريا الذبول *R. solanacearum* مع أفضل نمو لنباتات الطماطم، حيث ازدادت كثافة تواجد البكتيريا *P. fluorescens* — بشدة — بعد معاملة التشميس، بينما انخفضت — بشدة — أعداد بكتيريا الذبول (Kumar & Sood ٢٠٠١).

١١- أعطت بسترة التربة بالتشميس لمدة شهرين مكافحة أفضل للذبول الفيوزارى فى زراعات البطيخ فى البيوت المحمية فى جنوب إسبانيا عن تبخير التربة بالميثام صوديوم. وبينما لم يكن التشميس لمدة شهر واحد فعالاً، فإن التشميس لمدة شهر ونصف الشهر مقرونًا بجرعة منخفضة من التبخير أعطى نتائج جيدة فى مكافحة المرض (Jimenez-Diaz وآخرون ١٩٩١ — FAO Plant Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٢- أمكن مكافحة الفطر *Fusarium solani* مسبب مرض عفن الجذور الفيوزارى فى الفول الرومى بالتشميس فى شمال العراق (Sarhan ١٩٩١ — FAO Plant Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٣- أظهرت عملية بسترة التربة بالتشميس فى مصر كفاءة عالية فى مكافحة عديد من مسببات الأمراض والآفات دامت لمدة سنتين إلى ثلاث سنوات، وشملت ما يلى:

أ- مسببات الأمراض:

Sclerotium cepivorum
Phytophthora parasitica
Pyrenochaeta lycopersici
Pythium spp.
Rhizoctonia solani

ب- معظم الحشائش فيما عدا السعد .*Cyperus* spp، والـ knotweed اللتان كانت مكافحتهما جزئية.

جـ- عديد من الأنواع النيماتودية (Satour وآخرون ١٩٩١ — FAO Production and Protection Bulletion 109 — الإنترنت).

١٤- أمكن مكافحة الفطر *Verticillium dahliae* — مسبب مرض ذبول فيرتسيليم — وكذلك مكافحة الحشائش بنسبة ٩٧٪ فى حقول الباذنجان عن طريق بسترة التربة بالتشميس (Tamietti & Valentino ٢٠٠١).

١٥- أفادت بسترة التربة بالإشعاع الشمسى فى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* جوهريًّا بنسبة ٧٩٪، إلاّ أن معاملة التربة بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* — بعد معاملتها بالتشميس — زادت نسبة المكافحة إلى ٩٨٪. وبينما أثرت بسترة التربة بالتشميس كثيرًا على أعداد فطر الميكوريزا فى التربة عندما عوملت به التربة قبل تشميسها، فإن أعداد البكتيريا *Bacillus subtilis* التى أضيفت قبل التشميس انخفضت بفعل التشميس إلى ٧٥٪ مما كانت عليه، إلاّ أن التشميس ساعد على إحداث زيادة فى أعداد كل من فطر الميكوريزا و *B. subtilis* عندما عوملت بهما التربة بعد التشميس (Pereira وآخرون ١٩٩٦).

١٦- كما يستدل من دراسة أخرى أن بسترة التربة بالتشميس أدى إلى التخلص من ٧٥٪-٨٣٪ من الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن

الأبيض فى البصل والثوم (Matrod وآخرون ١٩٩١ — FAO Production and Protection Paper 109 — الإنترنت).

١٧- أدت أى من عمليتى بسترة التربة بالإشعاع الشمسى أو معاملتها بالميكوريزا *Trichoderma* spp. إلى مكافحة الفطر *Phytophthora cactorum* مسبب مرض العفن الجلدى لثمار الفراولة بصورة جيدة، وبينما تفوق تشميس التربة على معاملتها بالميكوريزا فى هذا الشأن، فإن الجمع بين المعاملتين كان أفضل من أى منهما منفردة (Porras وآخرون ٢٠٠٧).

١٨- أدى الجمع ما بين بسترة التربة بالتشميس مع المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi (فطريات الميكوريزا) إلى تحسين نمو البطاطس وزيادة محصولها وتقليل تعرض النباتات والدرنات للإصابات المرضية.

١٩- أمكن مكافحة الفطرين *Phytophthora nicotianae*، و *Rhizoctonia solani* فى مشاتل الطماطم بالتشميس مع استعمال شريحتين من البلاستيك بسمك ٥٠ ميكرونًا، ومع جعل العليا منهما على ارتفاع ٨٠ سم من سطح التربة. أدى التشميس بهذه الطريقة إلى رفع درجة الحرارة العظمى على عمق ٥ سم فى التربة إلى ٧٠ °م-٧٣ °م، وهى التى كانت أعلى من الحرارة فى معاملة الكنترول بمقدار ٢٠ °م. كذلك حافظ استعمال الشرائح المزدوجة على حرارة تزيد عن ٦٠ °م لمدة تزيد عن ٩ ساعات متصلة يوميًّا. وقد أدى ابتاع هذه الطريقة إلى تحقيق مكافحة كاملة للمسببين المرضيين مماثلة لتلك التى حُصل عليها باستعمال الميثام صوديوم metham-sodium، مقارنة بأكثر من ٩٠٪ إصابة بأى من الكائنين المرضين أو كليهما فى معاملة الكنترول. كذلك كان النمو النباتى أقوى فى حالة استعمال الشرائح المزدوجة — سواء أتمت العدوى بالفطرين أم لم تتم — عما فى حالة المعاملة بالميثام صوديوم أو الكنترول (Rodriguez-Pérez وآخرون ٢٠٠٥).

٢٠- أحدثت معاملة بسترة التربة بالتشميس مكافحة حيوية لمرض ذبول فيرتسيليم الذى يسببه الفطر (*V. dahliae*) فى الطماطم، حيث لم تتعدى نسبة الجذور المصابة بالفطر ٠,٣٪-٠,٤٪، مقارنة بنسبة جذور مصابة بلغت ٦٦,٧٪-٦٧,١٪ فى التربة غير المعاملة، ولم يمكن عزل الفطر من التربة المعاملة فى الوقت الذى عُزلت ١٣٧٩-١٨٠٦

وحدة قادرة على إحداث الإصابة/جرام من التربة غير المعاملة (Bourbos & Skoudridakis ١٩٩٦).

٢١- وجد في إحدى الدراسات أن معاملة تشميس التربة أحدث التأثيرات التالية:

أ- رفعت الحرارة القصوى للتربة بنحو ١٠°-١١°م.

ب- خفضت كثافة تواجد *Fusarium* spp. في التربة بنسبة ٨٨٪-٩٣٪.

جـ- حققت مكافحة جيدة لكل من الذبول الفيوزارى وذبول فيرتسيليم في الطماطم .

د- كافحت الحشائش من أجناس: *Malva*، و *Amaranthus*، و *Chrysanthemum*، و *Chenopodium*، والحشائش: *Calendula arvansis*، و *Lolium rigidum*، و *Urtica urens* بنسبة ٩٠٪.

هـ- حققت زيادة في نمو نباتات الطماطم، مع زيادة في محصول الثمار تراوحت بين ٦٠٪، و ١٣٥٪ (Ioannou ١٩٩٩).

٢٢- أحدثت بسترة التربة بالإشعاع الشمسى انخفاضًا كبيرًا في أعداد الأكتينوميسيتات actinomycetes، والـ *Pseudomonas* الفلورية، و *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia* spp.، و *Verticillium* spp. بعد المعاملة مباشرة. وبينما استعادت الأكتينوميسيتات والـ *Pseudomonas* الفلورية أعدادها في التربة المعاملة، فقد استمر الانخفاض في أعداد الفطريات المرضة. وقد ازداد النمو الخضرى والجذرى لنباتات الطماطم التى نمت في التربة المعاملة وازداد محصولها بنحو ٧٠٪ مقارنة بما حدث في التربة التى لم تعامل (Wadi ١٩٩٩).

٢٣- كما وجد أن بسترة التربة بالإشعاع الشمسى أحدثت خفضًا دراميًا في كثافة تواجد الفطرين *Fusarium solani*، و *Pythium aphanidermatum* في التربةحتى عمق ٣٠ سم، كما قضت على بذور جميع الحشائش الحولية، لكنها لم تؤثر في بذور الحشيشة المعمرة *Convolvulus arvensis*. وقد تحسّن نمو ومحصول البطاطس التى نمت في الأرض المعاملة (Triki وآخرون ٢٠٠١).

٢٤- وجد أن حفظ أكياس من تربة ملوثة بالفطرين *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*، و *Rhizoctonia solani* لمدة ٨ أسابيع على عمق ١٠-٢٠ سم في تربة

مغطاة بالبلاستيك أدى إلى التخلص من ٩٩٪ من التلوث الفطرى؛ مما أسهم فى إحداث خفض كبير فى إصابة الخيار الذى زرع فيها بالذبول وأعفان الجذور (Farrag & Fotouh ٢٠١٠).

ثانياً: النيماتودا

لا تتأثر الفطريات المتحملة للحرارة، والأكتينوميسيتات، والزيدومونادز الفلورية fluorescent pseudomonads والـ *Baclillus* spp. سوى قليلاً بالحرارة أثناء عملية الـ solarization، وسرعان ما تستعيد نشاطها لتستعمر التربة دون منافسين لها بعد انتهاء عملية التعقيم؛ الأمر الذى يفيد فى مكافحة النيماتودا (عن Giannakou وآخرين ٢٠٠٧).

يؤدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى إلى تخفيض أعداد النيماتودا التى توجد فى التربة حتى عمق حوالى ٣٠ سم، أما فى الأعماق الأكثر من ذلك فإن الارتفاع فى حرارة التربة لا يكون بالقدر الذى يمكن أن يؤثر فى النيماتودا؛ ولذا .. فإن التعقيم بالإشعاع الشمسى يكون أكثر فاعلية فى مكافحة النيماتودا بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية.

وتبعاً لدراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤ب) فإن أعلى درجة حرارة أحدثها التعقيم بالإشعاع الشمسى (فى شمال ولاية فلوريدا الأمريكية) بلغت ٤٩,٥ْم على عمق ٥ سم، و ٤٦ْم على عمق ١٥ سم، و ٤٠,٥ْم على عمق ٢٥ سم، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى أعداد أنواع النيماتودا: *Paratrichodorus minor*، و *Rotylenchulus reniformis*، و *Circonemella* spp. على صنفين من الطماطم بعد ٨٥ يومًا من الشتل. وقد تساوت فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى — فى هذا الشأن — مع فاعلية التعقيم بمخلوط من بروميد الميثايل والكلوروبكرن، بنسبة ٦٧ : ٣٣، وبمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٧ كجم/فدان).

كما وجد Stevens وآخرون (١٩٩٨ب، و ١٩٨٨ جـ) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أحدث انخفاضًا فى أعداد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بلغ ٩٢٪ فى إحدى الدراسات.

وتبعًا لـ Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) فإن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد — كثيرًا — من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور.

كذلك أوضحت دراسات Abdel-Rahim وآخرين (١٩٨٨) أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى مكافحة النيماتودا *R. reniformis* لمدة ٦٠ يومًا بعد الزراعة.

ويفيد التسميد العضوى — مثل استخدام سبلة الدواجن وسبلة الماشية — مع التشميس فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور بصورة أفضل من معاملة التشميس فقط، علمًا بأن التسميد العضوى فقط لم يكن مؤثرًا فى مكافحة النيماتودا (Oka وآخرون ٢٠٠٧).

وأحدثت بسترة التربة بالإشعاع الشمسى خفضًا جوهريًّا فى تواجد نوعا النيماتودا *Paratrichodorus minor*، و *Criconemella* spp.، كما لم يوجد فرق جوهرى فى الإصابة بكل من: الذبول الفيوزارى فى الطماطم وكثافة تواجد السعد و *Helicotylenchus* spp. بين البسترة بالإشعاع الشمسى والتبخير بمخلوط من كل من بروميد الميثايل مع الكلوروبكرن، بينما لم تتأثر الإصابة بالذبول بمعاملات التربة (Chellemi وآخرون ١٩٩٧).

قائمة الأنواع المسببة للأمراض النباتية التى تكافح بتشميس التربة:

نقدم — فيما يلى — قائمة بالمسببات المرضية الفطرية والبكتيرية والنيماتودية التى أمكن مكافحتها بتعقيم وبسترة التربة بالتشميس (عن Stapleton ١٩٩٦)

فئة المسبب المرضى	الأنواع التى كُوفحت
فطريات	
	Bipolaris sorokiniana
	Didymella lycopersici
	Fusarium oxysporum

فئة المسبب المرضى	الأنواع التى كُوفحت
	f. sp. *conglutinans*
	f. sp. *fragariae*
	f. sp. *lycopersici*
	f. sp. *vasinfectum*
	Phytophthora cinnamomi
	Plasmodiophora brassicae
	Pyrenochaeta lycopersici
	Pyrenochaeta terrestris
	Pythium ultimum
	Rhizoctonia solani
	Sclerotium cepivorum
	Sclerotina minor
	Sclerotium oryzae
	Sclerotium rolfsii
	Thielaviopsis basicola
	Verticillium dahliae
	Verticillium albo-atrum
بكتيريا	
	Agrobacterium tumefaciens
	Strepyomyces scabies
نيماتودا	
	Criconemella xenoplax
	Ditylenchus dipsaci
	Globodera rostochiensis
	Helicotlylenchus digonicus

فئة المسبب المرضى	الأنواع التى كُوفحت
	Heterodera schachtii
	Meloidogyne hapla
	Meloidogyne javanica
	Paratrichodorus porosus
	Paratylenchus hamatus
	Paratylenchus penetrans
	Paratylenchus thornei
	Paratylenchus vulnus
	Tylenchulus semipenetrans
	Xiphinema spp.
أنواع كوفحت جزئيًا أو لم تكافح	
	Fusarium oxysporum f. sp. *opini*
	Macrophomina phaseolina
	Meloidogyne incognita
	Paratylenchus neaomblycephalus
	Pythium aphanidermatum

ثالثًا: النباتات الزهرية المتطفلة

وجد Jacobson وآخرون (١٩٨٠) أن تغطية التربة فى حقل موبوء — بشدة — بالهالوك المصرى *Orobanche aegyptiaca* لمدة ٣٦ يومًا قبل الزراعة خلال الموسم الحار فى أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورة جيدة؛ حيث نما محصول الجزر بصورة طبيعية فى الحقل المعامل، بينما تقزمت نباتات الجزر وأصيبت — بشدة — بالهالوك فى الحقل غير المعامل. وقد وجد أن الغطاء البلاستيكى — الذى كان من النوع الأسود — أدى إلى رفع حرارة التربة فى الخمسة سنتيمترات العلوية بمقدار ٨°م-١٢°م أى حتى ٥٦°م.

وعندما عُوملت التربة بالبسترة بالإشعاع الشمسى لم تظهر أى نموات للهالوك *Orobanche aegyptiaca*، ولم يظهر أى منه متعلقًا بجذور الخيار. وقد قتلت المعاملة ٩٥٪ من بذور الهالوك التى دُفنت فى التربة وأحدثت سكونًا ثانويًا فى الـ ٥٪ المتبقية، وذلك مقارنة بالنمو الغزير للهالوك والإصابة الشديدة للخيار به فى التربة التى لم تعامل. وكان محصول ثمار الخيار أعلى فى التربة المعاملة بمقدار ١٣٣٪-٢٥٨٪ عن المحصول فى التربة التى لم تُعامل (Ashrafi وآخرون ٢٠٠٨).

رابعًا: الأكاروس والحشرات

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على الأكاروس (العنكبوت الأحمر) الذى يوجد فى التربة، بينما لا يؤثر — أو يُعرف أنه يؤثر — على أعداد الحشرات التى تجد فى التربة مأوى لها. ولكن التعقيم بالإشعاع الشمسى يُحدث — مع التبخير ببروميد الميثايل — خفضًا كبيرًا فى أعداد عدة مجموعات من الأكاروس والحشرات الدقيقة (Ghini وآخرون ١٩٩٣).

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الحشائش

يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على عديد من الحشائش الحولية والمعمرة. ويمكن تلخيص أهم النتائج التى حُصل عليها — فى هذا الشأن — فيما يلى (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

الاسم العربى	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
أولاً: حشائش كوفحت بشكل جيد		
	Annual bluegrass	*Poa annua*
دنيبة	Barnyardgrass	*Echinochloa crus-galli*
عرق الليمون	Bermuda buttercup	*Oxalis pes-caprae*
عنب الديك	Black nightshade	*Solanum nigrum*
خبيزة	Cheeseweed	*Malva parvifora*

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
Xanthium spinosum	Cocklbur	شُبيط
Stellatia media	Common chickweed	قزآزة
Senecio vulgaris	Common groundsel	مُرّار
Orobanche aegyptiaca	Egyptian broomrape	الهالوك
Convulvlus arvensis	Field bindweed	عُليق (من البذرة)
Solanum sarachoides	Hairy nightshade	
Lamium amplexicaule	Henbit	طاقية الغراب أو فم السمكة
Datura stramonium	Jimsonweed	الداتورة
Chenopodium album	Lambsquarters	ركبة الجمل أو فساء الكلب
Montia perfoliata	Miners lettuce	
Chenopodium murale	Nettleleaf goosefoot	لسان الطير
Lactuca serriola	Prickly lettuce	خس البقر
Sida spinosa	Prickly sida	
Calandrinia ciliate	Redmaids	
Anagallis retroflexus	Redrot pigweed	
Angallis sp.	Scarlet pimpernel	
Capsella bursa-pastoris	Shepherdspurse	كيس الراعى
Abutilon theophrasti	Velvetleaf	
Oxalis stricta	Woodsorrel	

ثانيًا: حشائش قلت أعدادها ولكنها لم تكافح بصورة كاملة

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
Eleusine indica	Goosegrass	نجيل
Digitaria sanguinalis	Large crabgrass	دفيرة
Eragrostis sp.	Lovegrass	حشيشة الحُب
Portulaca oleracea	Purslane	الرجلة
Avena fatua	Wild oat	زُمّير

الاسم العلمى	الاسم الإنجليزى	الاسم العربى
		ثالثًا: حشائش كوفحت ولكنها نمت سريعًا مرة أخرى:
Cynodon dactylon	Bermudagrass	النجيل
Convolvulus arvensis	Field bindweed	عليق (نمو قائم)
Sorgum halepense	Johnsongrass	حشيشة جونسون
Cyperus esculentus	Yellow nutsedge	حب العزيز – السعْد
		رابعًا: حشائش كانت مقاومة لعملية التعقيم بالإشعاع الشمسى:
Melilotus alba	White sweetclover	حندقوق

ونقدم – فيما يلى – قائمة أخرى تبين مدى تأثر مختلف الحشائش (الحولية الصيفية والشتوية والمعمرة) بعملية بسترة التربة بالتشميس (عن Stapleton ١٩٩٦):

أولاً: حشائش شتوية كوفحت

Anagalis coerulea
Arum italicum
Avena fatua
Brassica niger
Capsella bursa-pastoris
Capsella rubella
Centaurea iberica
Chrysanthemum coronarium
Daucas aureus
Emex spinosa
Erodium spp.
Heliotropium suaveolus
Hordeum leporinum
Lactuca scariola
Lamium amplexicaule
Medicago polymorpha

Mercurialis annua
Montia perfoliata
Notobasis syrica
Papaver dubium
Phalaris brachystachys
Phalaris paradoxa
Poa annua
Polygonum equisetiforme
Raphanus raphanistrum
Senicio vernalis
Senicio vulgaris
Sinapis arvensis
Sisymbrium spp.
Sonchus oleraceus
Stellaria media
Urtica urens

ثانيًا: حشائش صيفية كوفحت

Abutilon theophrasti
Alhagi maurorum
Amaranthus blitoides
Amaranthus retroflexus
Anoda cristata
Carthamus syriacum
Chenopodium album
Chenopodium murale
Chenopodium pumila
Commelina communis
Conyza bonarinsis
Coronilla scorpiodes

Hyperium crispus
Ipomoea lacunosa
Lavatera cretica
Malva parviflora
Malva sylvestris
Orobanche aegyptica
Orobanche crenata
Orobanche ramosa
Polygonum persicaria
Polygonum polyspermum
Proscopis furcata
Setaria glauca
Cyperus spp.
Sida spinos
Datura stromonium
Solanum nigrum
Digitaria sanguinalis
Striga hermonthica
Echinchloa crus-galli
Trianthema portulacastrum
Eleucine indica
Tribulus terrestris
Ergrostis magastachys
Xanthium pensylvanicum
Xanthium spinosum

ثالثاً: حشائش صيفية كُوفحت جزئيًا أو لم تكافح

Anchusa aggregata
Astragalus boeticus

Conyza canadensis
Crozophora tinctoria
Malva niceaensis
Melilotus sulcatus
Portulaca oleracea
Scorpiurus muricatus
Solanum luteum
Xanthium strumarium

رابعًا: حشائش معمرة كُوفحت

Chloris gayana
Convolvulus althaeoides
Convolvulus arvensis (seed)
Convolvulus arvensis (plant)
Cynodon dactylon (seed)
Equisetum arvense
Equisetum ramosissimum
Oxalis corniculata
Plantago spp.
Sorghum halepense (seed)

خامسًا: حشائش معمرة كُوفحت جزئيًا أو لم تكافح

Cynodon dactylon (plant)
Cyperus esculentus
Cyperus rotundus
Sorghum halepense (plant)

هذا .. وقد أعطت معاملة التربة بالتشميس solarization مكافحة للحشائش بلغت ١٠٠٪ للعريضة الأوراق الحولية، و ٨٠٪ للنجيليات الحولية، و ١٦٪ للحشائش المعمرة باستثناء السعد الذى لم يتأثر بالمعاملة (Abdallah ١٩٩٨).

وقد أدى التعقيم الشمسي للتربة باستخدام أغطية من أي من:

- البوليثيلين منخفض الكثافة،
- الـ ethylene-vinyl acetate copolymer،
- الـ polyethylene-ethylene-vinyl acetate قليلي الكثافة منبثقان معًا coextruded،
- أغشية تتحلل بيولوجيًّا أساسها نشا الذرة..

أدى ذلك إلى خفض كثافة الحشائش وكتلتها الحيوية بشدة دون وجود فروق جوهرية بين مختلف أنواع الأغطية. ولقد كُوفحت معظم الحشائش الحولية بالتعقيم الشمسي فيما عدا الأمارانث (القطيفة) *Amaranthus* spp. عندما استعمل الغطاء الذى يتحلل بيولوجيًّا، لكن لم يؤثر التعقيم الشمسي على الحشائش المعمرة، فيما عدا الشوك الكندى *Cirsium arvense*، الذى كوفح بشكل جيد (Candido وآخرون ٢٠١١).

أهمية التعقيم بالتشميس فى تيسر العناصر

وجد أن بسترة التربة بالتشميس أحدثت زيادة كبيرة فى تركيز عناصر النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم فى المستخلص المائى للتربة فى معظم الحالات، بينما انخفض تركيز الكلورين والمستخلص بالـ diethylenetriamine pentaacetic acid من كل من الزنك والحديد والنحاس. كما وجد أن معاملة البسترة تسببت فى تحفيز النمو النباتى والمساحة الورقية الخاصة specific leaf area. وعندما زرعت الطماطم فى الأرض المعاملة ازداد تركيز معظم العناصر بعصير الخشب فيها — بما فى ذلك النيتروجين — مقارنة بتركيزها فى نباتات الكنترول، بينما انخفض تركيز الكلورين والكبريتات. وكانت أكثر الزيادات وضوحًا ومعنويًّا فى تركيز العناصر بالأوراق للنيتروجين، الذى كان ارتباط تركيزه بالأوراق مع النمو النباتى عالٍ وجوهرى. ويستدل من ذلك أن بسترة التربة بالتشميس أثرت جوهريًّا فى تركيز العناصر بنباتات الطماطم (Grünzweig وآخرون ١٩٩٨).

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على كل من مسببات الأمراض ونشاط وأعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة وعلاقة ذلك بالمحصول

إلى جانب تأثير التعقيم على مختلف مسببات الأمراض والآفات، وبذور الحشائش التى توجد فى التربة، فإن له تأثيرات أخرى كبيرة على مجمل أنواع الكائنات الدقيقة الأخرى التى تعيش فى التربة، والتى يكون لنشاطها البيولوجى تأثيرات بالغة على النمو النباتى فيها. ونحاول — فى هذا الجزء — التعرف على تلك التغيرات، وكيفية حدوثها.

كان Katan (١٩٨٠) قد أوضح أن درجات الحرارة وصلت فى القطع التجريبية المغطاة بالبلاستيك إلى ٥٠°م على عمق ٥ سم، وإلى ٤٤°م على عمق ٢٠ سم، وأن تلك الحرارة كانت أعلى بمقدار ٨–١٢°م مما كانت عليه الحال فى القطع التجريبية غير المغطاة بالبلاستيك.

لكن تأثير التغطية بالبلاستيك لا يرجع فقط إلى الارتفاع فى درجة الحرارة، بل ربما يتضمن أيضًا نوعًا من المقاومة الحيوية؛ إذ إن الفطريات التى وضعت — تجريبيًا — على عمق كبير فى التربة قد قُضى عليها أيضًا، برغم أن درجة الحرارة لم تكن شديدة الارتفاع على هذه الأعماق.

وربما تحدث المكافحة الحيوية أثناء — وبعد — التغطية بالبلاستيك عن طريق:

١– زيادة قدرة الكائنات المضادة للكائنات المسببة للأمراض على المنافسة تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة.

٢– حدوث تغير فى التوازن بين الكائنات الدقيقة فى التربة لصالح الكائنات غير المرضية المنافسة.

فمثلاً .. تزداد أعداد بعض الكائنات المفيدة؛ مثل *Trichoderma* spp. والأكيتنوميسيتات Actinomycetes (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

كذلك وجدت زيادة معنوية فى النمو الخضرى والجذرى، ومحصول البطاطا عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى حتى فى غياب مسببات الأمراض الرئيسية، وتبين

ارتباط تلك الزيادة بأعداد الكائنات الدقيقة التى وجدت فى الوسط المحيط بالجذور (الرايزوسفير Rhizosphere)؛ حيث لوحظت زيادة فى أعداد البكتيريا من الجنس *Pseudomonas*، وبعض الفطريات فى المحيط الجذرى للبطاطا فى معاملة التعقيم (Stevens وآخرون ١٩٨٨ب، و ١٩٨٨ جـ).

وقد وجد Stevens وآخرون (١٩٩٠) أن معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى أدت إلى زيادة أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة فى المحيط الجذرى لنباتات الكولارد النامية فى الأرض المعاملة؛ مقارنة بالأرض غير المعاملة.

كما وجد Gamliel & Katan (١٩٩١) ن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أنقص أعداد البكتيريا والفطريات فى التربة حتى عمق ٩٠ سم، بينما كانت الأكتينوميسيتات Actinomycetes أقل تأثرًا. كذلك انخفضت أعداد البكتيريا والفطريات التى تتحمل الحرارة بالمعاملة.

وبالمقارنة .. فقد ازدادت أعداد الـ Pseudomonads الفلورية fluorescent إلى نحو ١٣٠ ضعفًا فى محيط جذور النباتات فى الأراضى المعقمة بالإشعاع الشمسى، بالرغم من حساسية هذه البكتيريا للحرارة.

وأنْقصَ التعقيم بالإشعاع الشمسى — بشدة — أعداد الفطريات الكلية فى محيط النمو الجذرى للنباتات، وخاصة فطر *Penicillium pinophilum* الذى يسبب تقزم النباتات، وفطر *Pythium* spp..

ومن بين الـ Pseudomonads الفلورية التى أمكن عزلها وجد أن *Pseudomonas putida*، و *P. fluorecens*، و *P. alcaligenes* تحفز نمو نباتات الطماطم.

كما وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة معدلات عزل البكتيريا ذات النشاط المضاد للنمو الميكروبى من محيط الجذور.

كذلك قام Gamliel & Katan (١٩٩٢ب) بدراسة تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على إفرازات بذور وجذور الطماطم ودورها فى توطيد الـ Pseudomonads

الفلورية فى التربة. وتبين أن تلك الإفرازات تحتوى — فى التربة المعقمة بالإشعاع الشمسى — على كميات أقل من السكريات وكميات أكبر من الأحماض الأمينية والمركبات الأمينية — التى كانت غير مناسبة لنمو الفطريات والبكتيريا فى البيئات الصناعية — مقارنة بإفرازات البذور وجذور النباتات النامية فى تربة غير معقمة بالإشعاع الشمسى. واستنتج الباحثان من دراستهما أن التعقيم بالإشعاع الشمسى يمكّن تلك الـ Pseudomonads الفلورية من المنافسة على إفرازات البذور والجذور.

كما وجد الباحثان (Gamliel & Katan ١٩٩٢أ) أن النوعين البكتيريين *Pseudomonas putida*، و *P. flourescens*، أظهرا انجذابًا كيميائيًا — فى أنبوبة شعرية — نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة معقمة بالإشعاع الشمسى — بدرجة أكبر من انجذابها نحو إفرازات البذور المزروعة فى تربة غير معقمة بهذه الطريقة. كذلك أظهرت هذه البكتيريا — فى حركتها — انجذابًا نحو مخلوط من الأحماض الأمينية أو من الأحماض الأمينية مع السكريات. وقد أُستُنْتج من ذلك أن تلك الخاصية للـ Pseudomonads الفلورية تسهم فى توطيدها فى التربة المحيطة بجذور النباتات فى التربة المعقمة بالإشعاع الشمسى.

ويستدل من عديد من الدراسات أن عملية تشميس التربة لا يقتصر دورها على قتل المسببات المرضية بتأثير الحرارة العالية فقط؛ فلقد أمكن مكافحة الفطر *Verticillium dahliae* — على سبيل المثال — على أعماق ٧٠-١٢٠ سم، وهى أعماق لا ترتفع حرارتها بالتشميس. كذلك تأثرت عشائر بعض المسببات المرضية سلبًا بالتشميس وهى على أعماق كبيرة، مثل الفطر *Phytophthora cinnamomi* حتى عمق ٧٠ سم، كما تأثرت النيماتودا *Paratrichodorus porosus*، و *Paratylenchus hamatus* حتى عمق ٤٦ سم، و *Paratylenchus vulnus* حتى عمق ٩١ سم.

كذلك تبين عديد من الدراسات أن تأثير عملية التشمس فى مكافحة المسببات المرضية مثل الذبول الفيوزارى وذبول فيرتسيليم يدوم لمدة موسمين إلى ثلاث مواسم زراعية، حيث تصبح التربة مثبطة للأمراض.

وقد تبين أن الأرض المعقمة بالتشميس يزداد فيها كثيرًا عشائر عديد من الكائنات الدقيقة المنافسة للمسببات المرضية والمضادة لها، مثل:

Florescent *Pseudomonas* spp.
Penicillium ssp.
Aspergillus spp.
Trichoderma spp.
Talaromyces flavus
Bacillus spp.
Glomus spp.

كذلك تنخفض فى التربة المعاملة بالتشميس عشائر الفيوزاريم الممرض، بينما تزداد عشائر الفيوزاريم الرمّى (غير الممرض)؛ مما يزيد من المنافسة بينهما (Davis ١٩٩١، و DeVay ١٩٩١ب).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن عملية التعقيم بالإشعاع الشمسى تصاحبها — عادة — زيادة كبيرة فى النمو النباتي والمحصول حتى فى غياب مسببات الأمراض الهامة - أصلاً — من التربة المعاملة، وتكون هذه الزيادة أكبر — بطبيعة الحال — عندما يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على ما قد يكون موجودًا فى التربة من مسببات الأمراض، أو الآفات الهامة (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤).

ففى تكساس .. درس Hartz وآخرون (١٩٨٥) تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على محصول الفلفل والقاوون (الكنتالوب) عند زراعتهما — بالتوالى — بعد التعقيم. كان التعقيم لمدة شهر واحد هو شهر يوليو، واستخدم بوليثيلين شفاف بسمك ٤٠ ميكرونًا. وبعد هذه الفترة أزيل الغطاء البلاستيكى من بعض القطع، ورُش بطلاء عاكس للضوء فى قطع أخرى. وقد وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة محصول الفلفل بمقدار ٢٠٪. وعندما ترك الغطاء البلاستيكى فى مكانه، مع طليه بطلاء عاكس للضوء ازداد محصول الفلفل بمقدار ٥٣٪، عما هو فى حالة عدم إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى. كما كان هناك تأثيرمتبق للتعقيم بالإشعاع الشمسى على محصول القاوون الذى زرع فى الربيع التالى. هذا ولم تكن فى التربة كائنات ممرضة معينة يمكن أن يقال إن الزيادة فى المحصول قد حدثت نتيجة القضاء عليها.

وفـى الأردن .. قـارن الأسـعد وأبـو غريبـة (١٩٨٦) تغطيـة التربـة الرطبـة بشـرائح بلاستيكية شفافة بسمك ٤٠ ميكرونًا لمدة شهر واحـد، أو شـهرين، والتغطيـة ببلاسـتيك أسود بسمك ٤٥ ميكرونًا لمدة شهرين، مع التبخير ببروميد الميثايـل بمعـدل ٦٨ جـم/م^2، وبدون معاملة للمقارنة، وكانت النتائج كما يلي:

١- بلغت درجة الحرارة العظمى على أعمـاق ١٠، و ٢٠ سـم حـوالى ٥٠ْم، و ٤٤ْم تحت البلاستيك الشفاف، و ٤٢ْم، و ٤٠ْم تحت البلاستيك الأسود، مقارنة بنحو ٤٠ْم، و ٣٨ْم فى التربة غير المغطاة.

٢- ظهرت فاعلية عالية للتغطيـة — بالبلاسـتيك الشـفاف لـمدة شـهرين — مسـاوية لمعاملة التـبخير ببرومـيد المثيايـل فـى تخفـيض أعـداد كـل مـن الفطريـات *Fusarium oxysporum*، و *F. solani*، و *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani*، وكـذلك أعـداد النيماتودا *Tylenchorhynchus* spp.، وبعـض أنـواع النيمـاتودا الحـرة فـى التربـة. كمـا كانت التغطية — بالبلاستيك الشفاف لمدة شهر واحد، وبالبلاستيك الأسود لمدة شـهرين — أقل فاعلية من التغطية بالبلاستيك الشفاف لمدة شهرين، ولكن دون فروق معنوية.

٣- أدت جميع معاملات التغطية بالبلاسـتيك والتـبخير ببرومـيد الميثايـل إلى زيـادة النمو الخضرى وإنتاجية الطماطم، والباذنجان جوهريًّا. ولم تظهر أية فروق معنويـة بـين نتائج التبخير ببروميد الميثايل وأى من معاملات التغطية بالبلاستيك لمدة شهرين. وبرغم أن التغطية بالبلاستيك الشـفاف لـمدة شـهر واحـد أعطـت إنتاجيـة أقـل مـن معـاملات التغطيـة الأخـرى فـى تجربـة الطمـاطم، إلا أن هـذا الاخـتلاف لم يظهـر فـى تجربـة الباذنجان.

وفى ألاباما بالولايات المتحدة .. أدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ٩٨ يومًا إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩ْم — على الأقل — لمدة ٤١ يومًا من فترة التعقيم، بارتفاع قـدره ١٤ْم عن درجة حـرارة التربـة المكشـوفة. وأدى ذلـك إلى خفـض إصـابة الفلفـل بـالفطر *Sclerotium rolfsii* بنسبة ٩٥٪، مع التخلص التام مـن الأجسـام الحجريـة للفطـر فـى السنتيمترات العشرة العلوية من التربة (Stevens وآخرون ١٩٨٨أ).

وفى دراسة أخرى .. قورنت زراعة البطاطا صنف Georgia Jet فى ارض معقمة بالإشعاع الشمسى مع زراعتها فى أرض غير معقمة، وكانت النتائج كما يلى:

١- ازداد النمو الخضرى والجذرى، ومحصول البطاطا حتى فى غياب مسببات الأمراض الرئيسية.

٢- ارتبطت الزيادات فى النمو النباتى بأعداد الكائنات الدقيقة التى وجدت فى بيئة نمو الجذور (الـ Rhizosphere)، حيث لوحظت زيادة فى أعداد البكتيريا من الجنس *Pseudomonas*، وبعض الفطريات فى رايزوسفير البطاطا فى معاملة التعقيم.

٣- انخفضت أعداد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بنسبة ٩٢٪ عند التعقيم بالإشعاع الشمسى (Stevens وآخرون ١٩٨٨ب).

وفى دراسة مماثلة على الكرنب والبروكولى .. كان المحصول أسرع تبكيرًا بمقدار ثلاثة أسابيع وأعلى جوهريًّا بنسبة ٢٥٠٪ عند تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى؛ مقارنة بالمحصول فى التربة غير المعقمة. كذلك ازدادت أعداد الأكتينوميسيتات، وبعض الفطريات، والبكتيريا الفلورية التابعة للجنس *Pseudomonas* فى رايزوسفير هذه المحاصيل فى التربة المعقمة بالإشعاع مقارنة بما حدث فى التربة غير المعقمة، بينما انخفضت شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (Stevens وآخرون ١٩٨٨جـ).

وفى مصر .. وجد Abdel-Rahim وآخرون (١٩٨٨) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى فى أراض تروى بالغمر أدى إلى:

١- مكافحة الحشائش، والهالوك، ومرض الجذر الفلينى، ونيماتودا تعقد الجذور — بكفاءة — فى حقول الطماطم.

٢- مكافحة النيماتودا *Rotylenchulus reniformis* لمدة ٦٠ يومًا بعد الزراعة.

٣- تحسين النمو وزيادة المحصول بنسب تراوحت بين ٢٥٪ و ٤٣٢٪ فى الفول الرومى، والبصل، والطماطم، والبرسيم فى نوعيات مختلفة من الأراضى.

٤- دام تأثير المعاملة بالنسبة لكل من مكافحة الأمراض وزيادة المحصول لمدة موسمين، أو ثلاثة مواسم زراعية.

٥- حدث انخفاض في درجة ملوحة التربة.

٦- كان للمعاملة - في إحدى التجارب - تأثيرًا سيئًا على تكوين العقد الجذرية لبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور الفول الرومى، حيث تقزمت النباتات، ولكنها استعادت نموها ثانية.

وفى دراسة أخرى أجريت فى مصر على الطماطم - قارن فيها El-Shami وآخرون (١٩٩٠أ، و ١٩٩٠ب) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتعقيم ببروميد الميثايل - وُجد ما يلى:

١- كان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة بدرجة كبيرة عن التبخير ببروميد الميثايل فى مكافحة الفطر المسبب للذبول الفيوزارى؛ حيث أدت تغطية التربة - التى حقنت بالفطر - بشرائح البلاستيك الشفاف بسمك ٤٠ ميكرونًا لمدة ٤ أو ٧ أسابيع خلال فصل الصيف إلى خفض شدة الإضاءة بالمرض إلى نفس مستواه فى التربة التى غطيت بالبلاستيك دون أن تحقن بالفطر.

٢- حُصل على تأثير مماثل عندما كانت التغطية بالبلاستيك لمدة أسبوعين فقط خلال شهر سبتمبر.

٣- كذلك حُصل على نتائج ماثلة عندما استعمل البلاستيك الأصفر، ولكن البلاستيك الأسود كان أقل فاعلية.

٤- كما كان التعقيم بالإشعاع الشمسى أكثر كفاءة من التبخير ببروميد الميثايل فى زيادة النمو النباتى والمحصول، حتى فى غياب الفطر المسبب للذبول الفيوزارى؛ فقد ازداد المحصول بمقدار ٢,٥ إلى ٣ أضعاف فى الأرض المعقمة بالإشعاع الشمسى. مقارنة بزيادته إلى الضعف فقط فى الأرض المعقمة ببروميد الميثايل. كذلك ازداد وزن النمو الخضرى والجذرى (الطازج والجاف) بمقدار ٣-٤ أضعاف فى الأرض التى عُقمت بالإشعاع الشمسى، مقارنة بالوزن فى الأرض التى تركت دون تعقيم.

وقد أوضحت دراسات Hartz وآخرين (١٩٨٩) على البصل أن تعقيم الحقل بطريقة الإشعاع الشمسى لمدة ٦٢ يومًا أحدث زيادة جوهرية فى نسبة إنبات البذور والمحصول.

بينما أحدث نقصًا في الإصابة بمرض الجذر الوردي الذي يسببه الفطر *Pyrenochaeta terrestris*. وأدى تعقيم مراقد البذور الحقلية بهذه الطريقة إلى القضاء الكامل على إصابة شتلات البصل بهذا الفطر، ولكن لم تكن لمعاملة مراقد البذور أية تأثيرات على محصول البصل، أو قطر الأبصال، أو الإصابة بالجذر الوردي عند الحصاد عندما زرعت الشتلات في حقل ملوثٍ بالفطر المسبب للمرض.

كذلك تبين لدى مقارنة التعقيم بالإشعاع الشمسي — في ألاباما — مع المعاملة بمبيد الحشائش داكثال Dacthal 75W في حقول الكولارد ما يلي:

١- أحدثت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسي نقصًا قدره ٩١٪ في أعداد الحشائش، وكانت تلك المعاملة أكثر كفاءة من المعاملة بالداكثال في مكافحة الحشائش.

٢- ازداد محصول الكولارد في الأرض المعقمة بالإشعاع.

٣- ازدادت أعداد البكتيريا والفطريات المقاومة للحرارة في المحيط الجذري للنباتات النامية في الأرض المعقمة بالإشعاع مقارنة بما حدث في الأرض غير المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٠).

وقد أوضحت دراسات Porter وآخرين (١٩٩١) أن الجمع في تعقيم التربة بين استعمال الدازوميت (البازاميد) بمعدل ١٠٠ كجم للهكتار (٤٢ كجم للفدان) والتعريض للإشعاع الشمسي أعطى مكافحة للفطر المسبب للجذر الصولجاني (*Plasmodiophora brassicae*) أفضل من أي من المعاملتين منفردة. وقد أدى التعقيم المزدوج بالإشعاع الشمسي والدازوميت إلى خفض شدة الإصابة بالمرض في القنبيط من ٢,٧ إلى ٠,٩ وإلى زيادة المحصول من ٢,٤ إلى ٤٧ طنًا للهكتار، ولكن كانت أفضل النتائج حينما جُمع بين معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسي والتبخير ببروميد الميثايل بمعدل ١٠٠ كجم للهكتار. كذلك أدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسي مع أي من معاملتي التبخير (ببروميد الميثايل أو بالدازوميت) إلى مكافحة الحشائش بصور أفضل من أي من معاملات التعقيم منفردة.

وقد تمكن Ristaino وآخرون (١٩٩١) من مكافحة مرض اللفحة الجنوبية التي يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* للطماطم — وغيرها من محاصيل الخضر — بشكل جيد

بتعقيم التربة بالإشعاع الشمسى لمدة ستة أسابيع خلال الموسم الحار مع معاملة التربة بالفطر المنافس *Gliocladium virens*. وكانت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى قد رفعت حرارة التربة — فى موسمى هذه الدراسة — بنحو ٩-١٤°م.

ويستفاد من دراسات Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) أن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسى يزيد كثيرًا من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور. وأدت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى منفردة إلى مكافحة الفطر *Pythium ultimum* وزيادة محصول الخس، كما أظهر فحص التربة المحيطة بالجذور وجود زيادة كبيرة فى أعداد البكتيريا من الـ Pseudomonads الفلورية (الـ fluorescent) ومن جنس *Bacillus*.

وقد وجد Hartz وآخرون (١٩٩٣) أن تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى أحدث زيادة فى محصول الفراولة بلغت ١٢٪، ولكن الزيادة فى المحصول بلغت ٢٩٪ عندما اقترنت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى بالتبخير بأى من الميثام صوديوم Metam-Sodium (الفابام) أو بروميد الميثايل. وأفادت معاملة التعقيم بالإشعاع الشمسى فى مكافحة الحشائش الحولية، وكل من الفطريات التالية:

P. citricola *Phytohthora cactorum*

Verticillium dahliae

وقد قارن Gonzalez-Torres وآخرون (١٩٩٣) تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر أو شهرين مع التبخير بالميثام صوديوم Metam-Sodium فى مكافحة الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى البطيخ، وتوصلوا إلى النتائج التالية:

١- أدت التغطية بالبلاستيك إلى رفع حرارة التربة بنحو ٥°م (إلى ٤٤°-٤٨°م) على عمق ١٠ سم، وبنحو ٤-٥°م (إلى ٤٠°م-٤٢°م) على عمق ٢٠-٣٠ سم.

٢- أحدث التعقيم بأى من الطريقتين نقصًا فى أعداد الفطر فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة.

٣- حدث ثبات نسبى فى أعداد الفطر خلال التسعة شهور التى أعقبت التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين؛ حيث استمرت منخفضة، ولكن أعداد الفطر تقلبت

خلال نفس الفترة فى التربة التى عقمت بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد، وارتفعت فى التربة التى عقمت بالتبخير.

٤- أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهرين إلى مكافحة المرض بصورة كاملة وزيادة محصول البطيخ بمقدار خمسة أضعاف، بينما أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى لمدة شهر واحد إلى إبطاء تقدم المرض — فقط — مع زيادة محصول البطيخ إلى أكثر من الضعف فى الوقت الذى أدى فيه التبخير إلى وقف تطور المرض كثيرًا وزيادة المحصول بمقدار ثلاثة أمثال نباتات معاملة الشاهد التى زرعت فى تربة محقونة بالفطر (كما فى معاملات التعقيم) ولكنها لم تعقم.

ويستدل من دراسات Chellemi وآخرين (١٩٩٤أ) فى ولاية فلوريدا الأمريكية على أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى رفع حرارة التربة إلى ٤٩,٥ °م، و ٤٦,٠ °م، و ٤١,٥ °م عند عمق ٥، و ١٥، و ٢٥ سم على التوالى، مقارنة بحرارة ٤٣,٨ °م، و ٣٨,٩ °م، و ٣٦,٥ °م عند نفس الأعماق — على التوالى — فى التربة غير المغطاة بالبلاستيك. وقد كانت عملية التغطية بالبلاستيك مصاحبة بنقص معنوى فى كثافة الفطرين *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycoperscici* حتى عمق ٥ سم، والبكتيريا *Ralstonia solanacearum* حتى عمق ١٥ سم، والفطر *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* حتى عمق ٢٥ سم.

التأثيرات الأخرى الإيجابية والسلبية للتعقيم بالإشعاع الشمسى

التأثيرات الإيجابية

يؤدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى تحقيق مزايا أخرى؛ نذكر منها ما يلى:

١- تزداد الكميات الميسرة لاستعمال النبات من بعض العناصر المغذية — مثل النيتروجين (فى صورتيه النيتراتية والأمونيومية)، والكالسيوم، والمغنسيوم (عن Pullman وآخرون ١٩٨٤).

٢- يحدث انخفض فى ملوحة التربة (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨)؛ بسبب

تعريض التربة لرطوبة عالية لفترة طويلة قبل الزراعة، مع انعدام التبخر السطحى الذى يؤدى إلى تزهر الأملاح.

التأثيرات السلبية

يكون للتعقيم بالإشعاع الشمسى تأثيرات سلبية مؤقتة، نذكر منها ما يلى:

١- تقلل المعاملة أحيانًا من تكوين العقد الجذرية لبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات، كما حدث فى الفول الرومى؛ حيث تقزمت النباتات فى البداية، ولكنها استعادت نموها سريعًا بعد ذلك (Abdel-Rahim وآخرون ١٩٨٨). ويمكن التغلب على هذا التأثير السلبى بمعاملة بذور البقوليات ببكتيريا العقد الجذرية قبل الزراعة.

٢- تنخفض أعداد بعض كائنات التربة المفيدة — مثل فطريات الميكوريزا mycorrhizal fungi فى الطبقة السطحية من التربة، ولكن ليس إلى الدرجة التى تؤثر فى فعلها المفيد.

٣- تنخفض — جزئيًا — أعداد بعض الكائنات الدقيقة المفيدة أثناء التعقيم؛ مثل بعض أنواع البكتيريا من جنسى *Bacillus*، و *Pseudomonas*، ولكنها تسترجع أعدادها الطبيعية سريعًا بعد ذلك (عن Pullman وآخرين ١٩٨٤)، وتتفوق على غيرها، وتزداد أعدادها بدرجة كبيرة (Gamliel & Stapleton ١٩٩٣).

الفصل الثانى عشر

زراعة الخضر فى الحقل الدائم

يتعين قبل البدء فى زراعة حقل الخضر إجراء عدة عمليات لا غنى عنها لنجاح الزراعة، وهى تتضمن:

١- التأكد من جودة الصرف وتحسينه إن كان سيئًا.

٢- إزالة بقايا المحصول السابق.

٣- الحراثة، وقد تكون الزراعة بدون حراثة.

٤- التمشيط لعمق ٥ سم بهدف تنعيم مهد زراعة البذور.

٥- التزحيف، بهدف زيادة تنعيم التربة.

٦- التقصيب، وهى عملية تجرى كل ٣ سنوات بغرض تسوية الأرض فى حالة عدم استوائها.

٧- التبتين أو التقسيم إلى أحواض.

٨- التخطيط وإقامة المصاطب. وقد تستبدل عمليات التمشيط والتزحيف والتخطيط وإقامة المصاطب بعملية واحدة باستحدام الروتيفيتور.

توفير الصرف المناسب لمزارع الخضر

أهمية الصرف

يعتبر تحسين الصرف خطوة أساسية لنجاح زراعة الخضروات، وإن كان بعضها — مثل الكرسون المائى — ينمو جيدًا فى الأراضى ذات نسبة الرطوبة الأرضية العالية.

وترجع أهمية الاهتمام بالصرف إلى الأسباب التالية:

١- يؤدى الصرف السيئ إلى ارتفاع مستوى الماء الأرضى. وقد يؤدى ذلك إلى زيادة مؤقتة فى النمو، لكن تلك الزيادة سرعان ما يعقبها نقص كبير فى المحصول؛

نتيجة زيادة تركيز الأملاح؛ وعليه .. فإن خفض منسوب الماء الأرضى يصبح ضرورة حتمية.

٢- يزيد الصرف الجيد من تهوية التربة.

٣- يسمح الصرف الجيد بالزراعة المبكرة فى الربيع؛ لأن الحرارة النوعية specific heat للتربة الجافة = ٠,٢؛ أى إن الصرف الجيد يقلل من كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة التربة فى الربيع.

٤- يساعد الصرف الجيد أيضًا – ولنفس السبب – على التبكير فى النضج؛ حيث تكون التربة أدفأ من مثيلتها الرديئة الصرف. ويلاحظ ذلك فى الأراضى الرملية.

وتصنف الأراضى حسب حالة الصرف بها إلى أربعة أقسام حسب ما هو مبين فى جدول ١٢-١).

جدول (١٢-١): تصنيف الأراضى حسب حالة الصرف.

التصنيف	بعد مستوى الماء الأرضى
جيد	الماء الأرضى على عمق أكثر من ٢١٠ سم، ويجوز أن يرتفع حتى عمق ١٨٠ سم مدة ٣٠ يومًا فى السنة.
مقبول	الماء الأرضى على عمق ١٨٠ سم، ويجوز أن يرتفع حتى عمق ١٢٠ سم مدة ٣٠ يومًا فى السنة.
ردئ	توجد بعض القلويات على سطح التربة. الماء الأرضى على عمق ١٢٠-١٨٠ سم، ويرتفع إلى عمق ٩٠ سم مدة ٣٠ يومًا فى السنة.
سيئ	الماء الأرضى على عمق أقل من ١٢٠ سم، ويرتفع. فى هذه الحالات تكون المصارف الطبيعية والصناعية بعيدة جدًّا عن موقع الحقل بدرجة تجعل من الصعب الحصول على صرف جيد.

الأمور التى تجب مراعاتها فى الأراضى السيئة الصرف

برغم أنه لا ينصح باستخدام الأراضى الرديئة والسيئة الصرف فى زراعة الخضر، إلا أن زراعتها قد تكون اقتصادية إذا توفرت عدة شروط خاصة بالرى، هى كما يلى:

١- يجب أن يكون الرى خفيفًا، وعلى فترات متقاربة.

٢- يفضل الرى بالرش حتى يمكن التحكم فى كمية الماء وتوزيعها على سطح التربة.

٣- يجب تجنب الرى الغزير أثناء موسم نمو ونشاط النباتات؛ لأن ذلك يعنى ارتفاع منسوب الماء الأرضى.

٤- يجب غسل الأملاح من منطقة نمو الجذور برية غزيرة أثناء خلو الأرض من النباتات، أو خلال فترة السكون فى النباتات المعمرة التى تمر بتلك الفترة.

وبصورة عامة .. فإن ارتفاع منسوب الماء الأرضى يستلزم تقليل مياه الرى، وقد يكون ذلك مرغوبًا إن كان الرى مكلفًا، لكن يجب ألا يغيب عن الذهن أن منطقة نمو الجذور تكون محدودة تحت هذه الظروف، ويتأثر المحصول تبعًا لذلك (Israelsen & Hansen ١٩٦٢).

أنواع المصارف

المصارف إما أن تكون مكشوفة أو مغطاة، كما يلى:

١- المصارف المكشوفة:

تكون المصارف المكشوفة بعمق ١,٨-٣,٦م أو أكثر، ويكون اتجاهها عموديًا على اتجاه تسرب المياه. ويتراوح انحدار جوانبها بين "½ أفقى : ١ عمودى" فى الأراضى الطينية المتماسكة و"٣ أفقى : ١ عمودى" فى الأراضى الرملية. وتتراوح درجة انحدار المصرف طوليًا بين ١٥ و ٤٥ سم/١٠٠ متر.

٢- المصارف المغطاة:

تتكون شبكة المصارف المغطاة — عادة — من مواسير طولها ٣٠ سم أو أكثر، وبقطر يختلف حسب كمية المياه التى يراد صرفها. توضع هذه المواسير على امتداد بعضها البعض فى قاع خندق ذى درجة انحدار مناسبة. وتجب حماية نهاية خط المواسير جيدًا من دخول التربة فيه. وتغطى المواسير بعد ذلك بالتربة.

يتسرب ماء الصرف إلى داخل المواسير عند تقابل القطع المتجاورة. وعادة ما يكون ذلك من الجوانب ومن القاع؛ وعليه .. فإن الجهة العلوية لأماكن تقابل مواسير الصرف يمكن أن تغطى بالورق أو القماش، كما يمكن سدها بالأسمنت؛ لمنع دخول السلت والرمل إلى داخل مواسير الصرف.

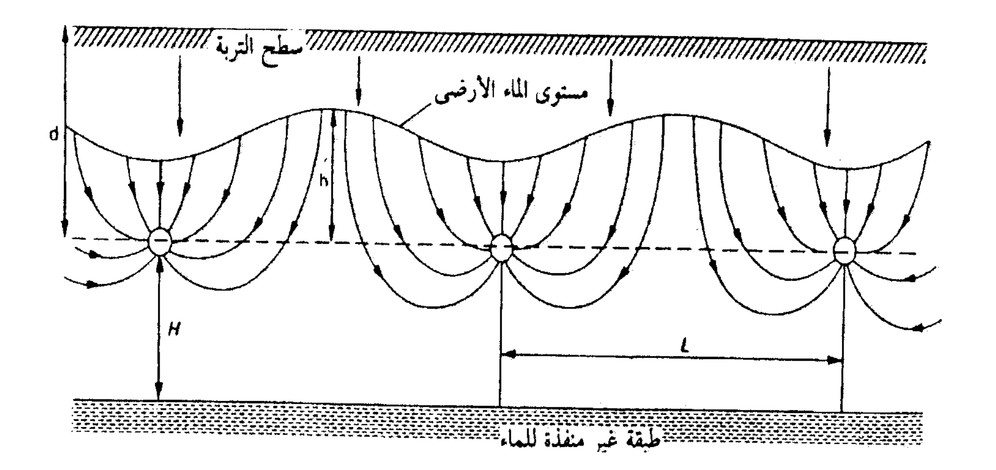
ويتكون نظام الصرف المغطى من جزأين: الخط الرئيسى main drain، والخطوط الجانبية laterals. وتتكون الخطوط الجانبية — عادة — من أنابيب قطرها ١٠–١٢,٥ سم. ويجب أن يكون التحامها بالخط الرئيسى دائمًا أفقيًا وبزاوية مقدارها ٤٥ درجة؛ لأن ذلك يسمح بزيادة سرعة مرور الماء فى الخط الرئيسى. ويتوقف قطر الخط الرئيسى على كمية ماء الرى وماء المطر. ومن الطبيعى أن يزداد القطر اتساعًا كلما اقترب الخط الرئيسى من خط الصرف العمومى.

ويختلف عمق الخطوط الجانبية والمسافة بينها حسب طبيعة التربة. ويتراوح العمق المناسب بين ٧٥ سم فى الأراضى القليلة النفاذية و ١٢٠ سم فى الأراضى الرملية والملحية الرديئة الصرف. وغالبًا ما يكون العمق نحو ٩٠ سم. ويجب ألا يقل العمق أبدًا عن ٧٥ سم، حتى لا تنكسر المواسير بفعل ثقل الآلات الزراعية. أما المسافة بين الخطوط، فتتراوح بين ١٠ و ٢٠م حسب طبيعة التربة.

ويبين شكل (١٢–١) مسارات انسياب الماء الأرضى إلى أنابيب الصرف المغطى، وما يترتب عليها من تباين فى مستوى سطح الماء الأرضى.

عمليات تجهيز حقل الخضر للزراعة

يمر إعداد حقل الخضر للزراعة بعدد من العمليات الفلاحية الهامة؛ بهدف تحضير مهد جيد لزراعة البذور. ويتحقق ذلك حينما يتراوح حجم الحبيبات فى الطبقة السطحية من التربة بين ١ و ٣ مم، وحينما تتوزع السعة المسامية الأرضية مناصفة بين المسام الشعرية والمسام اللاشعرية.



شكل (١٢-١): مسارات انسياب الماء الأرضى إلى أنابيب الصرف المغطى: (D) عمق الأنابيب، و (L) المسافة بين الأنابيب، و (H) بعد الأنابيب عن طبقة التربة غير المنفذة للماء (عن White ١٩٨٧).

إزالة بقايا المحصول السابق

تزال بقايا المحصول السابق فى الحالات التالية:

١- عند الرغبة فى استعمالها؛ كما هى الحال فى مصر بالنسبة لعيدان الذرة ونباتات القطن.

٢- عندما يعوق وجودها العمليات الزراعية اللازمة لتمهيد الأرض.

٣- عندما تكون مأوى للحشرات، ومصدرًا لانتشار العدوى بالأمراض.

الحرق

يمكن تعريف الحرث Plowing بأنه عملية تفكيك الطبقة السطحية للتربة باستعمال المحاريث.

فوائد الحرث

١- اقتلاع الحشائش وبقايا المحصول السابق، ودفنها فى التربة.

٢- خلط الأسمدة العضوية المضافة بالتربة.

٣- التخلص من كثير من الحشرات الضارة؛ نتيجة اقتلاع الحشائش التى تكون مأوى لها، ونتيجة قلب التربة، وتعرض الحشرات للشمس والطيور.

٤- تفكيك الطبقة السطحية من التربة، وجعلها مهدًا صالحًا لزراعة البذور.

أنواع المحاريث

يوجد نوعان رئيسيان من المحاريث؛ هما:

١- المحاريث الحفارة: ويقتصر عملها على إثارة الطبقة السطحية من التربة، دون العمل على قلبها، ومنها المحراث البلدى. وهذه تعمل على تفكيك الطبقة السطحية من التربة لعمق نحو ١٥ سم.

٢- المحاريث القلابة: وهذه تعمل على تفكيك الطبقة السطحية من التربة حتى عمق نحو ٢٥ سم، ثم قلبها. ويساعد ذلك على دفن الحشائش، وبقايا النباتات، والأسمدة العضوية بالتربة. وقد يصل عمقها أحيانًا إلى ٤٠ سم.

وإلى جانب هذين النوعين توجد محاريث تحت التربة التى تعمل على تفكيك الطبقات الصماء، والمحاريث التى تستخدم فى شق القنوات والمصارف.

طريقة الحكم على صلاحية الأرض للحرث

لا يجوز حوث الأرض الجافة، أو الأرض التى تحتوى على نسبة مرتفعة من الرطوبة، بل يجب أن يتم الحرث عندما تكون نسبة الرطوبة بالتربة نحو ٤٠٪-٥٠٪ من سعتها الحقلية. وتعرف الأرض فى هذه الحالة بأنها "أرض مستحرثة". ويوجد عدد للطرق التى يمكن الاستدلال بها على أن الأرض فى حالة صالحة للحرث، وهى كالتالى:

١- يكون سطح الأرض المستحرثة جافًا وبه شقوق قليلة العمق.

٢- إذا أخذت عينة من التربة من عمق ١٠ سم، وضغط عليها بين الأصابع، تكونت منها كتل وتجمعات مفككة. وإذا تعجنت، فإنها تكون زائدة الرطوبة، أما إذا تفككت بسهولة ولم تكن متماسكة، فإنها تكون قد جفت أكثر من اللازم.

٣- يمكن الحكم على صلاحية الأرض للحرث بتجريب الحرث لمسافة قصيرة، فإذا ظل سلاح المحراث نظيفًا، بينما التربة غير جافة، كانت الأرض مستحرثة، أما إذا تجمع الطين على السلاح، فإن ذلك يعنى أن التربة مازالت زائدة الرطوبة.

هذا .. ويؤدى حرث الأرض الزائدة الرطوبة التى تعجنها؛ لأن حبيبات التربة تكون محاطة بغشاء سميك نسبيًا من الرطوبة. ويعمل الحرث على ضغط هذه الحبيبات؛ وبالتالى انزلاقها، وسكون الحبيبات الصغيرة بين الحبيبات الكبيرة؛ ومن ثم يقل الفراغ بين الحبيبات، وتصبح التربة عجينية القوام.

أما حرث الأرض القليلة الرطوبة، فإنه يؤدى إلى تكوين كتل (قلاقيل) كبيرة لأن حبيباتها تتماسك فيما بينها، نتيجة نقص الغشاء المائى المحيط بها. وبالإضافة إلى ذلك .. فإن حرث الأرض الجافة يتطلب مجهودًا كبيرًا يصل إلى ٢,٥ ضعف المجهود اللازم لحرث الأرض المستحرثة. وفى هذه الحالة ينصح برى الأرض رية خفيفة، وتركها لتستحرث ثم تحرث.

العمق المناسب للحرث

يتوقف العمق المناسب للحرث على العوامل الآتية:

١- طبيعة الأرض:

فيكون الحرث سطحيًا فى الأراضى الرملية التى تكون مفككة بطبيعتها، وعميقًا فى الأراضى الثقيلة المتماسكة لتحسين التهوية بها.

٢- طبيعة نمو المحصول المراد زراعته:

فبينمايلزم حرث الأرض لعمق ٣٠-٣٥سم عند زراعة الخضروات التى تكوّن جذورًا وسيقانًا متدرنة تحت سطح التربة – كالبطاطس، والبطاطا، والقلقاس، والجزر – فإن الخضروات الأخرى يكفى معها حرث الأرض لعمق نحو ١٥ سم.

٣- أنواع الحشائش المنتشرة بالحقل:

فالحشائش المعمرة يلزم معها الحرث السطحى مع جمع الأجزاء المقطعة خارج الحقل

بعد الحرث. أما الحشائش الحولية التى تتكاثر بالبذور، فيجب معها إجراء الحرث العميق، مع قلب الطبقة السطحية من التربة لوقف إنبات البذور.

٤- العامل الاقتصادى:

فلا يجب زيادة عمق الحرث عما يلزم لإنتاج محصول اقتصادى من أجل التوفير فى نفقات الإنتاج.

النقاط التى تجب مراعاتها عند الحرث

عند إجراء عملية الحرث تجب مراعاة النقاط التالية:

١-لا يجرى الحرث إلا والأرض مستحرثة.

٢- أن تكون خطوط الحرث مستقيمة ومتلاصقة؛ حتى لاتترك أجزاء من الأرض بدون حرث. وتسمى‌هذه المناطق بـ "الآسة" أو "البلاطة".

٣- أن تتعامد الحرثات المتتابعة بعضها مع بعض، وأن تتعامد الحرثة الأولى مع خطوط المحصول السابق، والحرثة الأخيرة مع اتجاه التخطيط.

٤-تضاف الأسمدة العضوية إلى التربة قبل الحرثة الأخيرة.

٥- يكون الحرث فى الأراضى الثقيلة أعمق منه فى‌الأراضى الخفيفة. كما يجب تغيير عمق الحرق من سنة لأخرى؛ لمنع تكوين طبقة صماء تحت سطح التربة.

المساحة التى يمكن حرثها يوميًّا

يمكن – عادة – حرث نحو نصف فدان يوميًّا بالمحراث البلدى، تزيد إلى ثلثى فدان فى الحرثة الثانية. أما بالجرار، فيمكن حرث نحو ٤-٨ أفدنة يوميًّا.

الزراعة بدون حراثة

لآلاف السنين اعتبرت الزراعة وحراثة الأرض مترادفتين. وببساطة لم يكن يُظن أن بالإمكان إنتاج المحاصيل الزراعية بدون حراثة التربة قبل الزراعة، ولأجل التخلص من الحشائش. ولقد سمح التوصل إلى مبيدات الحشائش الحديثة واستخدامها باللجوء إلى الزراعة دون حراثة (no-tillage crop production). ويُعرف نظام عدم الحراثة بأنه نظام زراعة

المحاصيل فى تربة غير مجهزة، فيها ما لا يقل عن ٣٠٪ من المساحة مغطاة بغطاء نباتى من بقايا النباتات (mulch cover). ولقد كان تطبيق عدم الحراثة منذ العمل به فى بدايات خمسينيات القرن الماضى بطيئًا. هذا .. إلاّ إنه مع التقدم فى تصنيع معدات الزراعة والتوصل إلى مبيدات حشائش أفضل، ومع تراكم الخبرة بدأ تطبيق هذا النظام خلال ثمانينيات القرن الماضى فى الولايات المتحدة، ثم فى أستراليا وأمريكا الجنوبية وكندا. وفى عام ٢٠٠٨ كانت تقدر المساحة المزروعة بدون حراثة فى الولايات المتحدة بنحو ٢٣٪ من إجمالى المساحة المزروعة بالمحاصيل الزراعية. يسمح هذا النظام فى الزراعة للمنتجين بإدارة مساحات أكبر من الأراضى فى الزراعة، مع خفض الحاجة إلى الطاقة والعمالة والآليات. هذا بالإضافة إلى أن هذه الطريقة تقلل من فرصة تعرية التربة، وتزيد من كفاءة استخدام الأسمدة والمياه (Triplett & Dick ٢٠٠٨).

إن الزراعة بهذه الطريقة تعرف باسم الزراعة بدون حراثة zero tillage، أو no-till، أو الزراعة المباشرة direct drilling، أو الحراثة المحدودة reduced or minimum tillage.

ويحقق إتباع هذه الطريقة فى الزراعة المزايا التالية:

١- المحافظة على بناء التربة.

٢- تعمل بقايا النجيليات (الجذور والأجزاء السفلى من السيقان) كغطاء للتربة يقلل من التبخر السطحى للماء.

٣- كما تعمل تلك البقايا على حماية البذور النابتة من الارتفاع الشديد — غير المرغوب فيه — فى حرارة التربة.

٤- يقل كثيرًا تعرض التربة للتعرية بفعل جريان مياه الأمطار.

٥- يتم توفير تكاليف عملية الحراثة، ولكن يقابل ذلك الحاجة إلى زيادة التسميد الآزوتى بمعدلات بسيطة.

٦- زيادة المادة العضوية فى الطبقة العليا من التربة بصورة تدريجية.

٧- زيادة نشاط ديدان التربة؛ مما يزيد من نفاذيتها.

٨- يزداد تركيز الفوسفور والبوتاسيوم في الخمسة سنتيمترات السطحية من التربة، مع إمكانية استفادة النباتات منها إذا ما بقيت تلك الطبقة رطبة.

ولكن يعيب هذه الطريقة في الزراعة ما يلي:

١- بطء دفء التربة في الربيع.

٢- تُنتج البقايا النباتية عند تحللها أحماضًا دهنية متطايرة قد تضر بإنبات البذور.

٣- زيادة كثافة الحشائش المعمرة التي يكون من الصعب مكافحتها باستعمال مبيدات الحشائش (عن White ١٩٨٧).

هذا .. وبتسبب نظام الزراعة بدون حراثة في حدوث تغيرات كبيرة مفيدة في بيئة التربة (كيميائيًّا وميكروبيولوجيًّا) يمكن الرجوع إلى تفاصيلها في Johnson & Hoyt (١٩٩٩).

وأهم ما يعيب هذه الطريقة في الزراعة – بالنسبة لمحاصيل الخضر – ما يلي:

١- عدم توفر آلات شتل تناسب العمل في الحقول غير المحروثة.

٢- يُخفِض هذا النظام في الزراعة من عدد مبيدات الحشائش التي يمكن استعمالها، علمًا بأنه لا يتوفر – أصلاً – أعداد كبيرة من مبيدات الحشائش التي يمكن استعمالها مع محاصيل الخضر.

ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع .. يراجع Hoyt وآخرين (١٩٩٤).

وقد ترافق الاهتمام بنظام عدم الحراثة في إنتاج محاصيل الخضر مع حدوث تقدم في الأمور التالية:

١- تطوير آلات لشتل وأخرى لزراعة البذور مباشرة في ظل نظام عدم الحراثة.

٢- تحسينات في تقنيات وممارسة إنتاج وإدارة محاصيل تترك مخلفات كبيرة كغطاء للتربة.

٣- تحسينات وقبول لمبدأ تقنيات المكافحة المتكاملة للحشائش.

ويتحدد نجاح هذه الطريقة فى الإنتاج المحصولى على ما يلى:

١- إنتاج غطاء نباتى كثيف ومتجانس التوزيع.

٢- الإدارة الماهرة لمحصول الغطاء النباتى قبل الشتل، بحيث يخلف غطاء كثيفًا ومتجانسًا وميتًا على سطح التربة.

٣- إجراء عملية الشتل من خلال الغطاء النباتى بأقل قدر من إثارة للمخلفات النباتية وسطح التربة.

٤- ممارسة إدارة لمكافحة الحشائش تستمر طول العام (Morse ١٩٩٩).

الحراثة المحدودة

الحراثة المحدودة التى تهدف إلى صيانة التربة (conservation tillage) تختلف عن نظام عدم الحراثة (no-tillage). ولقد جُرِّب بنجاح نظام الحراثة المحدودة مع كل من الكرنب والقرع العسلى والطماطم والبطيخ. وتتضمن مزايا ذلك النظام: التقليل من مخاطر تعرية التربة، وزيادة نظافة المنتج، وزيادة كفاءة معاملات المركبات الكيميائية المستخدمة فى حماية المحصول، والزراعة الأسرع بعد الأمطار، وتقليل تكاليف الطاقة، وإمكان الحصاد بعد الأمطار. أما عيوب ذلك النظام فتتضمن: ضعف مكافحة الحشائش، وضرورة تحوير الآليات المستخدمة، وضعف تجانس غطاء البذرة عند الزراعة، ومشاكل الشتل وبقايا محصول الغطاء النباتى فى حالة الحصاد الآلى، مع احتمال التأخير فى حصاد المحصول المبكر للاستهلاك الطازج بسبب تأخير النضج، ومحدودية المعاملة بمركبات الحماية من إصابات التربة (Rutledge ١٩٩٩).

التمشيط

تجرى عملية التمشيط بإثارة التربة لعمق ٥ سم فقط بواسطة الأمشاط، وهى تعقب الحرث، والغرض منها زيادة تنعيم التربة لتكون مهدًا جيدًا للبذور. وقد تجرى لتغطية البذور عقب نثرها على سطح التربة.

التزحيف

تجرى عملية التزحيف harrowing بغرض زيادة تنعيم التربة، وتتم بالزحافة البلدية أو الإفرنجية عقب كل حرثة. وتستعمل زحافة ثقيلة فى الأراضى الرملية لمحاولة ضغط التربة لتزيد فقط من تلامس حبيبات التربة مع سطح البذور.

التقصيب

تجرى عملية التقصيب — عادة — كل ٣ سنوات بغرض تسوية الأرض فى حالة عدم استوائها. وتتم بالليزر، أو بالقصابية بعد الانتهاء من حرث الأرض. وتفيد فيما يلى:

١- إحكام الرى.

٢- عدم تجمع السماد فى الأماكن المنخفضة.

٣- تقليل تزهيرة (تجمع) الأملاح فى الأماكن المرتفعة.

التبتين أو التقسيم إلى أحواض

يتم تقسيم الأرض إلى أحواض بإقامة البتون بواسطة البتانة، وتسمى هذه العملية بـ "التبتين". وتتوقف مساحة الأحواض على نوع التربة، ودرجة استوائها، ونوع الخضر المراد زراعتها، وعادة ما يتراوح مساحتها من ١,٥ × ٢م إلى ٣ × ٤م.

وعندما يكون الحقل قصيرًا والأرض مستوية، فإنه يقسم بعمل قنوات بعرض ١-١,٥م تمتد عموديًا على القناة المستديمة. ويقال إن هذه القنوات تمتد من رأس الحقل (عند مصدر المياه أو القناة الرئيسية) إلى ذيله. تقسم المسافة بين هذه القنوات ببتون طولية موازية لها، ويتم الرى على جانبى القنوات الحقلية. أما لو كانت الأرض شديدة الانحدار، فلن يمكن إجراء الرى بهذه الطريقة، ويتحتم تقسيم المسافة بين القنوات الحقلية ببتون أخرى عرضية.

أما عندما يكون الحقل طويلاً وممتدًا لمسافة أكثر من ٢٠٠م، فإنه يقسم إلى قنوات حقلية عمودية على القناة الرئيسية، على أن تبعد كل قناة عن التى تليها بمسافة ٥٠م،

ثم تقام قنوات أخرى عمودية عليها بعرض ٧٥ سم، وتسمى بقنوات التوصيل؛ لأنها هى التى تقوم بتوصيل مياه الرى إلى الأحواض.

التخطيط وإقامة المصاطب

تتميز الزراعة على خطوط (خبوب) على الزراعة فى أحواض – فى المحاصيل التى يمكن أن تزرع بكلتا الطريقتين – بما يلى:

١- زيادة التحكم فى مسافة الزراعة بين النباتات.

٢- يكون توزيع مياه الرى أكثر تنظيمًا وتجانسًا.

٣- يكون توزيع السماد أكثر تجانسًا.

٤- إمكان إجراء العزيق مبكرًا؛ للتخلص من الحشائش قبل أن تصبح فى وضع منافس للمحصول.

٥- تكون الزراعة فى الثلث العلوى من ميل الخط عادة؛ وبذا .. يمكن لنباتات المحصول أن تغطى بادرات الحشائش التى تظهر فى وضع أسفل منها فى باطن الخط، فضلاً على سهولة إجراء عملية العزيق مبكرًا قبل أن تصبح الحشائش منافسة للمحصول المزروع.

٦- سهولة تجميع التراب حول النباتات أثناء العزيق؛ الأمر الذى يؤدى إلى تنشيط تكوين الجذور عند قاعدة النبات، ويعمل على تغطية النموات الأرضية مثل الدرنات والكورمات.

٧- تكون أرض الخطوط مفككة وجيدة التهوية؛ الأمر الذى يفيد فى نمو الخضر الجذرية والدرنية؛ فيزيد محصولها، كما يكون حصادها أسهل مما لو كانت زراعتها فى أرض مستوية.

٨- يمكن عن طريق التحكم فى اتجاه التخطيط توفير درجة الحرارة المناسبة لنمو النباتات؛ حيث تكون الريشة الجنوبية أكثر دفئًا عندما يكون التخطيط من الشرق إلى الغرب، كذلك تكون الريشة الشرقية هى الأكثر دفئًا عندما يكون التخطيط من الشمال إلى الجنوب.

٩- يمكن بالزراعة فى بطن الخط - أو على الريشة التى لا تواجه الرياح - حماية البادرات فى مبدأ حياتها من أضرار الرياح الباردة.

١٠- يمكن بزراعة النباتات فى النصف السفلى من ميل الخطوط، أو فى باطنها - فى الأراضى الملحية - حمايتها من أضرار الأملاح التى تتراكم فى أعلى الخطوط (عن عبدالجواد وآخرين ١٩٨٨).

١١- عدم تعرض الثمار لمياه الرى والطين؛ مما يؤدى إلى تلوثها، أو تعرضها للعفن. ويفيد ذلك فى الفراولة، والطماطم، والقرعيات.

١٢- سهولة المرور فى الحقل بعد ريه لإجراء العمليات الزراعية المناسبة.

إقامة الخطوط (الخبوب)

تقام الخطوط في اتجاه مواز لطول الأرض، ولكن الاتجاه يتوقف أساسًا على موعد الزراعة. ففى الأشهر الباردة يجب أن يكون التخطيط من الشرق للغرب، وتكون الزراعة على الريشة الجنوبية؛ لتتوفر الحرارة اللازمة لإنبات البذور. أما التخطيط من الشمال للجنوب، فإنه يتميز بتوزيع الحرارة والإضاءة بالتساوى على ريشتى الزراعة.

تقام القنوات والبتون عمودية على الخطوط - وبعد إقامة الخطوط - وبذلك يتم تقسيم الأرض إلى أجزاء متساوية فى العرض، يسمى كل جزء منها بـ "الشريحة" أو "الفردة"، وتكون محصورة بين قناة وبتن.

يلى ذلك تقسيم الأرض إلى "حواويل". والحوّال عبارة عن عدد من الخطوط التى تروى معًا، والتى تتصل من أحد طرفيها بقناة الرى، ومن الطرف الآخر بالبتن. ويسمى الخط الأخير بـ "الرباط". ويتوقف عدد الخطوط بالحوّال على طبيعة الأرض، فيقل العدد فى الأراضى الرملية حتى لا يفقد جزء كبير من ماء الرى، ويزيد فى الأراضى الطينية الثقيلة؛ للمساعدة على زيادة كمية مياه الرى التى تنفذ فى التربة. ويتراوح عدد الخطوط بالحوّال عادة بين ٦ و ٨ خطوط. ويفضل تقليل العدد؛ حتى يمكن التحكم فى إجراء عملية الرى، وتفادى غرق المحصول.

مسح الخطوط ومعايرتها

بعد إقامة الخطوط وتقيم الأرض إلى شرائح يتم فتح الخطوط بالفأس، وتنعيم إحدى ريشتى الخط أو كلتيهما لتسهيل مرور مياه الرى، ولتحضير مهد جيد لزراعة البذور والشتلات. وتسمى تلك العملية بـ "المسح".

يلى ذلك رى الأرض للتعرف على المستوى الذى يصل إليه الماء فى الخطوط. ويفيد ذلك فى الأراضى الثقيلة؛ حتى يمكن زراعة البذور فوق حد الماء مباشرة ليصلها بالنشع؛ وبذلك لا تتصلب التربة فوق البذور. وتسمى هذه العملية بـ "المعايرة".

ريشة الخط، وعرض الخط

الريشة هى جانب الخط أو المصطبة. ويطلق على الريشة المستخدمة فى الزراعة اسم "الريشة العمالة"، ويطلق على الريشة غير المستعملة فى الزراعة اسم "الريشة البطالة". أما عرض الخط أو المصطبة، فيتحدد بالمسافة بين قمتى أو بين قاعى خطين متجاورين. ويعبر عن عرض الخط في مصر بعدد الخطوط فى القصبتين؛ أى فى ٧١٠ سم (عن مرسى وآخرين ١٩٥٩).

المصاطب

لا تختلف المصاطب عن الخطوط إلا فى كونها أعرض لتتسع للنمو الخضرى الكبير للنباتات التى تنمو عليها. فبينما يتراوح عرض الخط من ٥٠ سم أو أقل إلى ٨٠ أو ٩٠ سم، نجد أن المصاطب يتراوح عرضها من ١٠٠ إلى ٢٤٠ سم حسب المحصول.

ومن أمثلة محاصيل الخضر التى تزرع على مصاطب: الطماطم، والبطيخ، والشمام، والقرع العسلى، والقثاء ... وغيرها.

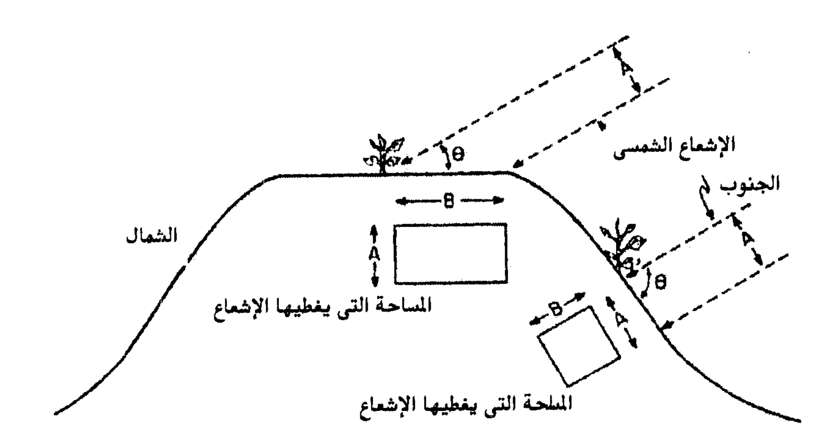
أهمية الزراعة فى خطوط ومصاطب

يمكن عند إقامة الخطوط أو المصاطب لزراعة الخضر التحكم — إلى حد ما — فى درجة الحرارة التى تتوفر لإنبات البذور ولنمو المحصول. ففى نصف الكرة الأرضية شمال خط الاستواء تُفضل إقامة الخطوط والمصاطب فى اتجاه شرقى-غربى. وكما يتبين

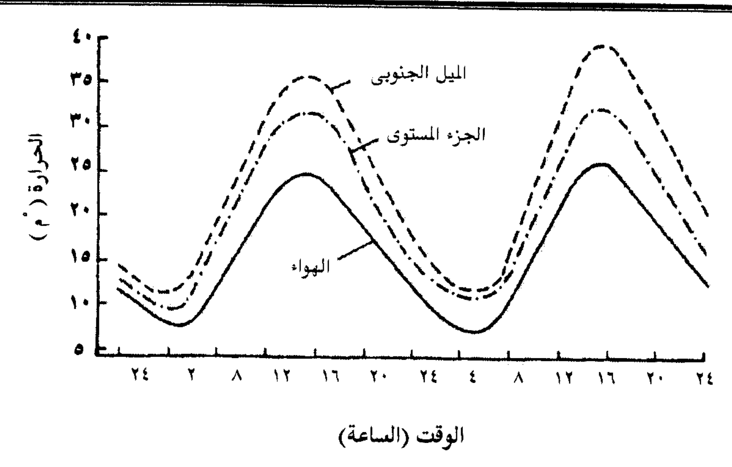
من شكلى (١٢-٢)، و (١٢-٣) تكون درجة الحرارة فى الميل الجنوبى للمصطبة والخط أعلى مما تكون عليه فى قمة الخط أو فى أعلى المصطبة. أما الميل الشمالى للخطوط والمصاطب فتكون حرارته أقل من قمة الخط أو أعلى المصطبة. وإذا كانت الحرارة الأعلى تناسب المحصول المزروع فإن الزراعة على الميل الجنوبى تكون هى المفضلة، بينما تكون الزراعة على الميل الشمالى هى المفضلة إذا كانت الحرارة الأقل هى التى تناسب المحصول (Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

الزراعة فى الحقل الدائم

إن الزراعة فى الحقل الدائم قد تكون بطريقة الشتل أو بزراعة البذور بصورة مباشرة. وتكون الزراعة المباشرة إما نثرًا فى أحواض، أو سرًّا فى سطور، أو فى جور، ويتباين عمق ومسافات الزراعة وكثافتها باختلاف المحصول. وقد يعقب إنبات البذور إجراء عملية الخف أو عملية الترقيع.



شكل (١٢-٢): كمية الإشعاع التى تسقط على كل من قمة الخط وميله الجنوبى عندما يكون اتجاه الخطوط شرقى – غربى فى نصف الكرة الأرضية الشمالى. يتبين من الشكل أن السطح العمودى على اتجاه الأشعة الساقطة يتلقى قدرًا أكبر من الإشعاع لكل وحدة مساحة.



شكل (١٢-٣): درجات حرارة التربة على عمق ١٢ مم من سطح التربة خلال فصل الربيع فى نصف الكرة الأرضية الشمالى عندما يكون اتجاه الخطوط شرقى – غربى.

ومن بين الوسائل المستحدثة المستخدمة فى التحكم فى كثافة الزراعة: استخدام شرائط البذور والبذور المغلفة، والزراعة بطريقة الـ plug-mix، وباستخدام معدات الزراعة على مسافات محددة precession seeders، وزراعة البذور وهى محملة فى سوائل خاصة.

ويتحدد اختيار الموعد المناسب للزراعة بعوامل كثيرة، أهمها المحصول، والصنف المزروع، والظروف البيئية السائدة، ومتطلبات الأسواق. وتتم الاستعانة بنظام الوحدات الحرارية فى تحديد مواعيد الزراعات المتتابعة من نفس المحصول لتأمين استمرار توفر المعروض منه للتسويق.

الشتل

الأمور التى يتعين مراعاتها عند الشتل

عند إجراء عملية الشتل تجب مراعاة الأمور التالية:

١- يجب رى مراقد البذور – سواء أكانت مراقد حقلية، أم أحواضًا خشبية، أم بلاستيكية – رية خفيفة فى اليوم السابق للشتل؛ وذلك لتسهيل تقليعها بأكبر جزء من المجموع الجذرى، وبجزء من التربة أو مخلوط الزراعة حول الجذور.

أما فى حالة أقراص جيفى، فيجب ريها رية غزيرة قبل الشتل مباشرة، كذلك تروى الشتلات النامية فى الأصص الورقية، أو أصص البيت، أو طاولات النمو السريع للشتلات (الشتّالات)، أو مكعبات البيت رية غزيرة قبل الشتل؛ لأن رى الحقل بعد الشتل مباشرة لا يفيد كثيرًا فى بل مكعبات البيت وغيرها من الأوعية المماثلة قبل عدة أيام.

وقد أوضحت دراسات Cox (١٩٨٤) فى هذا المجال نقص محصول الخس والكرات أبو شوشة بشكل جوهرى فى حالة عدم رى مكعبات البيت قبل الشتل، مع تأخير الرى بعد الشتل. كما وُجد أن اعتماد جذور القنبيط على الرطوبة — التى تتوفر فى صلية الجذور عند الشتل — كان أكثر من الاعتماد على الرطوبة فى تربة الحقل المحيطة بالصلية.

٢- يجب دائمًا شتل النباتات فى نفس يوم تقليعها. وخلال الفترة من التقليع حتى الشتل تجب المحافظة على الجذور رطبة، والنموات الخضرية جافة نسبيًا مع وضعها فى الظل. أما إذا استدعى الأمر ترك النباتات دون شتل حتى اليوم التالى، فيجب لف جذورها مع بيت موس مبلل، أو أية مادة شبيهة.

٣- يجب أن تكون الأرض مُعدة جيدًا؛ إذ إن تثبيت النباتات جيدًا فى التربة والتأكد من ملامسة حبيبات التربة لجذور النباتات يعد أمرًا ضروريًّا لنجاح الشتل. ولا يمكن تحقيق ذلك إذا كانت التربة مليئة بالقلاقيل (كتل التربة) وغير معدة جيدًا.

٤- أفضل الشتلات هى — باستثناء الخس والكرفس — ما يبلغ طولها نحو ١٥ سم موزعة بالتساوى بين المجموعين الجذرى والخضرى، وما يتراوح عمرها من ٦ إلى ١٠ أسابيع. ويمكن الاستفادة من الشتلات الأكبر حتى ٢٠ سم بنجاح، ولكن الشتلات الأطول من ذلك يصعب شتلها، وتزداد نسبة فشلها.

والأهم من الحجم هو خلو الشتلة من الأمراض، وقوة نموها، وصدقها للصنف. وعليه .. يجب التخلص من كل الشتلات التى تظهر عليها أعراض غير طبيعية قبل الشتل.

٥- أفضل جو للشتل هو الذى يصاحبه نقص فى معدل النتح، ويحدث ذلك عندما تكون درجة الحرارة منخفضة نسبيًّا، وشدة الإضاءة منخفضة، والهواء ساكنًا، والرطوبة النسبية

مرتفعة، أى فى الأيام الملبدة بالغيوم. كما يفضل الشتل بعد الظهيرة لإعطاء النباتات فرصة لتتعود على البيئة الجديدة خلال فترة ارتفاع الرطوبة النسبية أثناء الليل. كما يكون الشتل ناجحًا أيضًا بعد — أو قبل — المطر الخفيف مباشرة (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

معاملة الشتلات بمضادات النتح

يفيد استخدام مضادات النتح Antitranspirants فى زيادة فرصة نجاح عملية الشتل، وهى مركبات تعمل على زيادة المقاومة لفقد الماء من الأسطح النباتية، إما بتكوين حاجز فيزيائى (غشاء)، وإما بتحفيز انغلاق الثغور.

تتم المعاملة بالمركبات المكونة للأغشية — وهى فى صورة مستحلبات مائية — إما برشها على النباتات، وإما بغمس الشتلات فيها. وبعد تبخر الماء الحامل لمضاد النتح، فإن المركب يتبقى كغشاء يغطى سطح الورقة، ويعمل كحاجز ضد فقد بخار الماء منها. ويكون تأثير هذا الغشاء فى منع فقد الرطوبة أكثر وضوحًا أثناء انفتاح الثغور. ومن المركبات المستخدمة لهذا الغرض السيليكون Silicone، وكلوريد البولى فينيل Polyvinyl Chloride وعدة شموع، وكحولات ذهنبة

ومن البديهى أن معاملة الشتلات قبل تقليعها من المشتل — وهى مازالت محتفظة برطوبتها — يعد أكثر فاعلية من معاملتها بعد فقدها لجزء كبير من رطوبتها بعد الشتل.

هذا .. ولم يكن لاستعمال مضادات النتح أية تأثيرات على نجاح شتل النباتات ذات الصلايا (عن McKee ١٩٨١).

غمس جذور الشتلات فى المواد المحبة للرطوبة

تفيد عملية غمس جذور الشتلات فى ملاط رقيق القوام من التربة قبل الشتل فى منع جفاف الجذور، وتوفير بعض الرطوبة لها، وتهيئة الظروف لتأمين اتصال جيد بين التربة والجذور بعد الشتل. ويراعى دائمًا عدم السماح بجفاف "روبة" التربة على الجذور قبل الشتل.

ويمكن أن يحقق غمس الجذور فى مواد جيلاتينية محبة للرطوبة — مثل معقد البولى يورونيد Polyuronide Complex (مثلاً: الألجينيت Alginate) — نتائج مماثلة للنقع فى الروبة.

وتوضح نتائج إحدى الدراسات فى هذا الشأن (Henderson & Hensley ١٩٨٦) أنه لم يكن لغمس جذور الشتلات فى "جل" محب للرطوبة Hydrophilic Gel بتركيز ٧,٤ جم/لتر — قبل الشتل فى مخلوط من الرمل والتربة الطميية الرملية الناعمة بنسبة ١ : ١ — لم يكن لذلك تأثير على التوازن المائى داخل النبات بعد الشتل. ولكن إضافة الجل إلى مخلوط التربة ذاته بمعدل ٣ كجم/م٣ من المخلوط أحدث زيادة جوهرية فى التوازن المائى بالأوراق، علمًا بأن الجل المستخدم كان: Starch-hydrolyzed polyacrylonitrile copolymer + KOH.

المحاليل البادئة

تحتوى المحاليل البادئة Starter Solutions — عادة — على أسمدة بتركيز ٠,١-٠,٢٪، وتضاف إلى الشتلات بمعدل رُبع لتر إلى نصف لتر لكل نبات عند الشتل. وتؤدى زيادة تركيز المحلول البادئ إلى زيادة الضغط الأسموزى حول الجذور؛ مع ما يترتب على ذلك من احتمالات موت الشتلات.

تفيد المحاليل البادئة فى تقليل صدمة الشتل والفترة التى تتطلبها الشتلات لاستعادة نموها النشيط بعد الشتل. ثبت ذلك فى عديد من الخضر؛ منها: الطماطم، والكرنب، والقنبيط. وتفيد إضافة المحاليل البادئة فى توفير العناصر اللازمة لتجديد جذور النباتات، علمًا بأن تلك العملية تكون سريعة خلال الأيام الثلاثة الأولى التى تعقب الشتل؛ ولذا .. فإن الشتلات التى تكون جذورها "عارية" تستفيد من استعمال المحاليل البادئة بدرجة أكبر من الشتلات ذات الصلايا الجذرية.

يعد عنصر الفوسفور أهم العناصر اللازمة لنمو الجذور فى المحاليل البادئة، ولكن وجود توازن بين العناصر الكبرى يعد أمرًا ضروريًّا لتحقيق أقصى استفادة ممكنة من كل عنصر منها.

وتمشيًا مع ما تقدم ذكره من مزايا لاستعمال المحاليل البادئة، فإنها تؤدى غالبًا إلى زيادة المحصول المبكر. أما تأثيرها على المحصول الكلى فهو ضعيف أو معدوم، ونادرًا ما يكون كبيرًا.

وبما أن استعمال المحاليل البادئة لا يكون مؤثرًا فى الأراضى الخصبة، فإن تأثيرها يكون كبيرًا فى الأراضى الرملية الفقيرة.

وعمومًا .. يوصى بأن يستخدم فى تحضير المحاليل البادئة أسمدة غنية بالفوسفور (مثل ١٠-٥٢-١٧، و ١٠-٥٨-٦) فى حالة الطماطم والفلفل، وأسمدة متوسطة فى محتواها الفوسفاتى (مثل ١٦-٣٣-١٦، و ١٠-٣٤-صفر) فى حالة الكرنب والقنبيط، والخيار، والقاوون (عن McKee ١٩٨١). وتجدر الإشارة إلى أن استعمال المحاليل البادئة لا يكون مجديًا عند التسميد الفوسفاتى الجيد، أو عندما تكون التربة غنية بالفوسفور (Grubinger وآخرون ١٩٩٣).

علاقة اتجاه نمو التفرعات الجذرية باتجاه نمو الأوراق الفلقية

تتميز بعض الأنواع النباتية بنظام خاص فى الاتجاه الذى تنمو فيه الجذور الجانبية. فتنمو الجذور الجانبية فى بنجر السكر دائمًا فى اتجاه شرقى — غربى، وتنمو فى قمح الشتاء وحشيشتى flaxweed، و stink weed دائمًا فى اتجاه شمالى — جنوبى. أما القمح الربيعى، والشعير الربيعى .. فإن تفرعاتهما الجذرية تنمو فى جميع الاتجاهات. وقد قدمت بعض التفسيرات لذلك؛ منها الاستجابة للمجال المغنطيسى magnetotropism، وللجاذبية والمغناطيسية معًا geomagnetotropism، وذلك بالإضافة إلى التأثير الوراثى، وتأثير الممارسات الزراعية.

وفى دراسة أجراها Dufault وآخرون (١٩٨٧) على عدة أصناف من الفلفل الحلو .. وجدوا ارتباطًا قويًا بين اتجاه نمو الأوراق الفلقية، واتجاه نمو التفرعات الجذرية. وقد حاولوا الاستفادة من هذه الظاهرة فى التحكم فى اتجاه نمو التفرعات الجذرية؛ بحيث تكون فى الاتجاه المناسب للتخطيط، ولإجراء العمليات الزراعية.

كان التخطيط في هذه الدراسة في اتجاه شمالي — جنوبي، وشتلت النباتات بحيث كان اتجاه الأوراق الفلقية مع اتجاه التخطيط، أو عموديًّا عليه، أو عشوائيًّا دون التزام باتجاه معين. وقد عزقت المعاملات بعد ذلك إما عزقًا عميقًا (٩ سم)، وإما سطحيًّا (٣ سم) بعد ٣، و ٥، و ٧ أسابيع من الشتل.

وقد أوضحت الدراسة أن أقل محصول كلي ومحصول مبكر كان في المعاملة التي شتلت فيها البادرات؛ بحيث كانت الأوراق الفلقية في اتجاه خط الزراعة، ثم معاملة الشتل العشوائي، بينما كان أعلى محصول في المعاملة التي شتلت فيها البادرات بحيث كانت الأوراق الفلقية في اتجاه شرقي — غربي؛ أي متعامدة على خط الزراعة. وقد أدى العزق العميق إلى نقص المحصول، بالمقارنة بالعزق السطحي. وعندما درسوا اتجاه نمو الجذور عند الزراعة بالبذرة مباشرة .. وجدوا أن التفرعات الجذرية تنمو في أي اتجاه (إن إنها monodirectional).

وقد فسّر الباحثون نتائج هذه الدراسة على أساس أن البادرات التي شتلت بحيث كانت أوراقها الفلفية في اتجاه شرقي — غربي — نمت معظم تفرعاتها الجذرية متعامدة على اتجاه التخطيط، فاستفادت بذلك — بدرجة أكبر — من الأسمدة التي أضيفت إلى جانب النباتات في اتجاه التخطيط، ومن الري السطحي خلال قنوات الري. كما كانت جذور هذه النباتات بعيدة عن وسط الخط حيث تتجمع الأملاح، إلا أن العزق العميق أدى إلى تقطيع جزء كبير من جذور هذه النباتات؛ نظرًا لأن نموها كان في مكان العزق إلى جانب خط الزراعة.

وقد استخلص الباحثون من ذلك أنه قد يمكن التحكم في اتجاه النمو الجذري عند الشتل عن طريق شتل البادرات — بحيث تكون أوراقها الفلقية في اتجاه النمو الجذري المرغوب — وعند الزراعة بالبذرة مباشرة في الحقل الدائم؛ وذلك بالإبقاء على البادرات التي تكون أوراقها الفلقية في الاتجاه المرغوب، مع خف البادرات الأخرى.

طريقة الشتل

قد يجرى الشتل فى وجود الماء، أو تروى الشتلات بعد الشتل مباشرة، وقد يكون يدويًا أو آليًا.

والشتل فى وجود الماء هو الطريقة المتبعة فى مصر، ولكن يعيبه عدم ضمان بقاء الشتل فى الوضع الصحيح، كما قد تُغطَّى القمة النامية للنباتات بالطين؛ مما يؤدى إلى موتها. بالإضافة إلى الصعوبات الناتجة من المرور فى الأرض وهى موحلة، وهدم الخطوط نتيجة لذلك.

وفى حالة الرى بعد الشتل، فإنه يلزم رى الحقل قبل الشتل بعدة أيام؛ حتى لا تكون الأرض شديدة الجفاف. وبعد أن تصل الرطوبة الأرضية إلى الدرجة المناسبة (أى بعد أن تكون الأرض مستحرثة) يجرى الشتل الذى يمكن أن يتم فى هذه الحالة يدويًا أو آليًا.

وإذا كان من المتوقع تأخر الرى لعدة ساعات بعد الشتل فإنه يفضل غمس الجذور فى ملاط رقيق من التربة (روبة) قبل الشتل مباشرة، وهو ما يعرف باسم Puddling.

والشتل اليدوى يتم إما فى وجود الماء، أو فى الأرض المستحرثة. ففى حالة الشتل فى وجود الماء تغرس الشتلة من جذرها بالأصبع فى الطين، ويثبت جذرها بكتلة تربة صغيرة جافة. أما الشتل اليدوى فى الأرض المستحرثة، فإنه يجرى بعمل حفرة لكل نبات عند حد الماء توضع بها الشتلة، ويثبت حولها بالتراب جيدًا. ويلزم رى الحقل بعد الشتل أولاً بأول، خاصة فى الأيام الحارة.

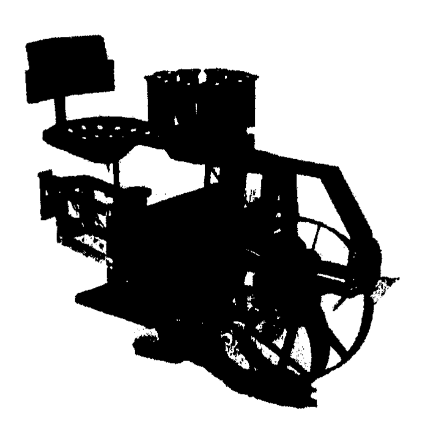
ولا يجوز تأخير الرى لحين الانتهاء من شتل مساحة كبيرة إلا فى الأيام الملبدة بالغيوم، وفى الظروف التى لا تشجع على النتح السريع، وعندما لا تكون التربة جافة قبل الشتل، أو عندما يضاف بعض ماء الرى إلى كل حفرة عند الشتل؛ حيث تثبت الجذور فى الحفرة أولا بقليل من التراب، ثم يضاف الماء إلى الحفرة، وبعد اختفائه تملأ بقية الحفرة بتربة جافة. والغرض من ذلك هو منع تصلب التربة المشبعة بالرطوبة حول

ساق النبات بعد جفاف التربة. والأفضل الاستعاضة عن الماء المضاف بالمحاليل السمادية البادئة starter solutions. ويكفى لذلك نحو ١٠٠-٢٠٠ مل من المحلول السمادى/نبات. ويعطى ذلك دفعة قوية لنمو النباتات، وزيادة فى المحصول. خاصة فى الأراضى الفقيرة أو غير المسمدة جيدًا، ولكن ينصح بإضافة المحاليل البادئة، حتى لو كانت التربة مسمدة جيدًا.

بعد الانتهاء من عملية الشتل اليدوى يتم الرى إما بالطريقة العادية عبر قنوات المصاطب، وإما بالرش حسب الطريقة المتبعة.

وفى حالة اتباع طريقة الرى بالتنقيط فإن تشغيل شبكة الرى يبدأ قبل الشتل بنحو ١٠ ساعات، ويستمر بعد الشتل لمدة حوالى ساعتين أخريين.

وفى حالة الشتل الآلى تقوم الآلة بفتح خط واحد (شكل ١٢-٤) أو خطين، ويقوم عاملان راكبان على الآلة بإسقاط الشتلات فى الأماكن المخصصة لها من الآلة، ثم تقوم الآلة بإضافة بعض الماء أو محلول سمادى إلى جانب النبات، وضم التربة حوله. ويتم تحديد مسافة الشتل آليًّا كذلك. ويعطى الشتل الآلى نتائج جيدة عندما تكون التربة مخدومة جيدًا وليست شديدة الجفاف. ويمكن بهذه الطريقة زراعة ١٠ أفدنة يوميًّا، ولا يتطلب الأمر سوى سائق جرار وعاملين معه لإسقاط الشتلات.



شكل (١٢-٤): شتالة آلية.

وسواء أكان الشتل آليًّا أم يدويًّا، فإنه يجب أن يكون على عمق يزيد بمقدار ٣–٥ سم عن العمق الذى كانت عليه النباتات فى المشتل. ويجب أن تبقى القمة النامية مكشوفة تمامًا، كما يجب أن يكون الشتل عميقًا إلى درجة تمنع الساق من الانحناء على سطح التربة والتعرض للإصابة بلفحة الشمس، أو للأضرار الناتجة من الاحتكاك بسطح التربة؛ نتيجة تعرضها للهز بفعل الرياح. هذا .. بالإضافة إلى أن بعض النباتات — كالطماطم — تُكَوِّن جذورًا عرضية تخرج من منطقة الساق المدفونة فى التربة (Thompson & Kelly ١٩٥٧).

ويستفاد من دراسات Vavrina وآخرين (١٩٩٤) على الفلفل أن الشتل حتى مستوى الورقتين الفلقيتين، أو الورقة الحقيقية الأولى — مقارنة بالشتل إلى مستوى قمة صلية الجذور — أدى إلى تقليل صدمة الشتل؛ حيث كانت النباتات أسرع نموًّا، وأكثر محصولاً.

ومن المزايا التى يحققها الشتل العميق — خاصة فى الجو الحار — أن الجذور فى بداية حياة النبات تكون عميقة فى التربة؛ الأمر الذى يحميها من التقلبات التى تحدث فى الطبقة السطحية من التربة فى كل من درجة الحرارة والرطوبة الأرضية، ويبعدها عن الحرارة العالية التى تكتسبها الطبقة السطحية من التربة خلال النهار.

وأدى شتل الفلفل عميقًا حتى مستوى الورقتين الفلقيتين أو حتى مستوى الورقة الحقيقية الأولى إلى تقليل رقاد النباتات، مقارنة بالشتل حتى مستوى سطح صلية جذور الشتلة؛ علمًا بأن الرقاد أخَّر النضج، لكن لم يؤثر عمق الشتل على محصول الثمار (Mangan وآخرون ٢٠٠٠).

ويستدل من دراسة أجريت على الطماطم، ما يلى (Vavrina ٢٠٠٨):

عمق الشتل	محصول القطفة الأولى (كرتونة وزن ٢٥ رطل/فدان)	محصول الثمار الكبيرة الحجم (كرتونة وزن ٢٥ رطل/فدان)
مجرد تغطية صلية الجذور	٦٥٨	٥٣٦
حتى الأوراق الفلقية	٨٧١	٦٦٤
حتى الورقة الحقيقية الأولى	١٠٨١	٩١٢

زراعة البذور مباشرة فى الحقل الدائم

قد يكون التكاثر بزراعة البذور مباشرة فى الحقل الدائم، ويتم ذلك يدويًا أو آليًا.

وتجرى الزراعة الآلية بما يسمى البذارات seeders أو seed drills؛ حيث تقوم الآلة بفتح خندقين لوضع السماد فى المكان المناسب، ويكون ذلك — عادة — على بعد ٥ سم على جانبى البذور ونحو ٥ سم لأسفل، ثم تقوم الآلة بإضافة السماد بالكمية المطلوبة. وفى نفس الوقت تتم تهيئة مرقد البذور وتسويته بالارتفاع المطلوب، وتزرع فيه البذور بالكميات المطلوبة، وعلى المسافات والعمق المطلوبين. وفى النهاية تقوم الآلة بضغط التربة جيدًا على البذور، تلافيًا لانتقالها من مكانها عقب الرى.

طرق الزراعة فى حالة الرى بالغمر

الزراعة نثرًا فى أحواض

تتبع طريقة الزراعة نثرًا فى أحواض فى زراعة بعض الخضر؛ كالملوخية، والجرجير، والبقدونس، والسبانخ؛ حيث تُنثر البذور على سطح الأحواض، ثم تغطى بالتربة بإمرار قطعة خشبية لمنع جرف المياه لها، ولحمايتها من التقاط الطيور، ولتوفير الرطوبة المناسبة حولها. ويحسن تقسيم البذور المخصصة للمساحة إلى أجزاء؛ حتى لا تزيد كثافة الزراعة فى بعض الأحواض، وتقل عن اللازم فى أحواض أخرى.

الزراعة سرًا فى سطور

قد يكون ذلك فى سطور بالأحواض، أو على جانبى الخطوط، أو على جانب واحد. يتم عمل مجارٍ رفيعة بسن الفأس، أو بوتد تُسَرُّ فيها البذور على الأبعاد المطلوبة، ثم تغطى بالتراب. وتفضل هذه الطريقة عن الزراعة نثرًا فى الأحواض؛ لسهولة خدمة النباتات. وكذلك تفضل عن الزراعة فى جور على الخطوط؛ لأن النباتات تكون أكثر انتظامًا فى توزيعها، ولكن يصعب إجراء العزيق بين النباتات فى هذه الحالة.

الزراعة فى جور (حفر)

قد تكون الجور فى الأحواض، كما هو متبع عند زراعة الفول فى الأراضى الملحية،

ولكن الأغلب أن تكون الجور على جانب أو جانبى الخطوط أو المصاطب. ويتم عمل الجور بالوتد أو المنقرة على العمق والأبعاد المطلوبة، على أن تكون عند حد الماء مباشرة. وفى الأراضى الملحية يجب أن تكون الزراعة فى الثلث السفلى من الخط؛ لأن الأملاح تتزهر فى قمة الخط. ويزرع — عادة — بكل جورة ٣-٤ بذور. وتكون الزراعة إما عفيرًا أو حراثيًّا.

وفى حالة الزراعة العفير تزرع البذور الجافة فى تربة جافة، وتروى الأرض عقب الزراعة مباشرة. وينصح باتباع هذه الطريقة فى الأراضى الرملية والخفيفة؛ لضمان توفر الرطوبة اللازمة للإنبات.

أما الزراعة الحراثى، فهى زراعة البذور الجافة أو المنقوعة فى الماء أو المستنبتة فى أرض مستحرثة، أى أرض بها نحو ٤٠٪-٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية. وعادة لا تروى الأرض إلا بعد ظهور البادرات فوق سطح التربة. وتتبع هذه الطريقة فى زراعة:

١- القرعيات فى الجو البارد، مع ضرورة تلسين البذور أولاً.

٢- البقوليات لأنها لا تتحمل نسبة مرتفعة من الرطوبة فى التربة، وتزرع البذور الجافة فى الأرض المستحرثة.

طرق الزراعة فى حالة الرى بالرش أو بالتنقيط

عندما يكون رى الحقل بطريقة الرش أو التنقيط، فلا تلزم إقامة الأحواض أو الخطوط (الخبوب) furrows؛ لأنهما ضروريان فقط لتنظيم عملية الرى السطحى. والمتبع — عادة — فى حالة الرى بالرش أو بالتنقيط أن تكون الزراعة سرًا، أو فى جور فى خطوط متوازية بامتداد الحقل، دون حاجة إلى إقامة البتون أو خطوط وقنوات الرى. ويضاف إلى هاتين الطريقتين إمكانية الزراعة نثرًا فى حالة الرى بالرش.

وفى مصر .. تشكل الباذنجانيات (الطماطم، والبطاطس، والفلفل، والباذنجان) والقرعيات (البطيخ، والقاوون، والخيار، والكوسة)، والفراولة الغالبية العظمى من مساحات الخضر التى تزرع فى الأراضى الصحراوية وتروى بالتنقيط. وفيها تُفج خطوط

الزراعة على المسافات المرغوبة (١٧٥ سم غالبًا)، ثم تضاف مختلف الأسمدة الكيمياوية والعضوية السابقة للزراعة، ثم يُردَم عليها؛ ليصبح مكان الفج مصطبة مرتفعة قليلاً عن مستوى سطح الأرض، هى التى تُمد عليها خراطيم الرى، وتتم فيها الزراعة أو الشتل فى جور على المسافات المرغوبة.

توفير الغطاء المناسب للبذور المزروعة

غطاء التربة

أيًا كانت طريقة الزراعة، فإنه يجب تغطية البذور جيدًا لضمان ملامستها للتربة. وفى حالة الزراعة نثرًا فى أحواض يُثار سطح التربة؛ ويسمى ذلك "جربعة" البذور.

وتفيد تغطية البذور بطبقة من الرمل بدلاً من التربة فى حالات الزراعة فى الأراضى الثقيلة، وعند زراعة بذور رهيفة، وعند الخوف من جفاف التربة سريعًا؛ لأن الرمل يعمل كطبقة عازلة تمنع جفاف التربة.

وفى حالة الزراعة بالطريقة الحراثى تلزم تغطية التربة بالثرى الرطب، ثم بطبقة من التراب الجاف؛ لمنع تشقق التربة فوق البذور، كما لا تضغط التربة كثيرًا فوق البذور.

تغطية خطوط الزراعة بشرائط البوليثيلين

أمكن تطوير هذه الطريقة للزراعة فىهولندا. توضع شرائط من البوليثيلين الشفاف بعرض ٢٠ سم على خطوط زراعة البذوفى الحقل بعد الزراعة مباشرة، مع دفن جوانب الشريط على امتداد الخط فى التربة، ويجرى ذلك مع زراعة البذور فى عملية واحدة بآلات خاصة.

يؤدى وجود هذا الشريط إلىفع درجة حرارة التربة والمحافظة على الرطوبة حول البذور، ومنع تكوين قشور التربة soil crusts التى تعوق الإنبات؛ وبذلك يمكن التبكير فى الزراعة، مع تحسين نسبة الإنبات.

ويرفع البوليثيلين عند اكتمال الإنبات باستخدام آلات خاصة، ويكون ذلك بعد نحو ١٠–٢٠ يومًا من الزراعة (Fordham & Biggs ١٩٨٥).

معالجة تكون القشور السطحية عند الزراعة بالبذور مباشرة

يمكن معالجة تكون القشور السطحية crusts التي تعوق إنبات البذور — في حالات الزراعة المباشرة في الحقل الدائم — بالمعاملة بمضادات تكون القشور، مثل الفيرميكيوليت والفحم النباتي المنشَّط activated charcoal.

وأمكن الحد من تكوين القشور السطحية في التربة السلتية (١٠٪ طين + ٧٠٪ سلت + ٢٠٪ رمل) — وهي تعيق إنبات البذور الصغيرة الحجم — برش سطح التربة بحامض الفوسفوريك بمعدل ٨٠ كجم للهكتار أو نحو ٣٣,٥ كجم للفدان (Henning & Wiebe ١٩٩٤).

عمق الزراعة

يتوقف عمق الزراعة المناسب على العوامل التالية:

١– حجم البذور:

كلما ازداد حجم البذور، ازداد عمق الزراعة، ولكن ذلك لا يعني أن أكبر البذور حجمًا تكون أكثرها عمقًا في الزراعة، فالفاصوليا بذورها أكبر من البسلة، ولكن البسلة تزرع على عمق أكبر؛ لأن فلقاتها تبقى تحت سطح التربة عند الإنبات، بينما تبذل بادرة الفاصوليا مجهودًا كبيرًا في رفع فلقاتها فوق سطح التربة. ويكون الغطاء رقيقًا في البذور الصغيرة جدًّا كالكرفس.

٢– سرعة إنبات البذور:

تكون الزراعة في البذور البطيئة الإنبات — كالفلفل، والبنجر — على عمق أكبر منه في البذور السريعة الإنبات؛ كالكرنب، واللفت، والطماطم.

٣– درجة الحرارة السائدة:

تكون الزراعة صيفًا على عمق أكبر منه شتاءً؛ وذلك بسبب تعرض الطبقة السطحية للتربة للجفاف صيفًا.

٤- قوام التربة:

تكون الزراعة فى الأراضى الرملية والخفيفة على عمق أكبر منه فى الأراضى الثقيلة.

وكقاعدة عامة .. فإن عمق الزراعة يكون نحو ٤ أمثال قطر البذور (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

مسافة الزراعة

يقصد بمسافة الزراعة المسافة بين النباتات فى الخط، وكذلك المسافة بين الخطوط. ويلاحظ أن نقص مسافة الزراعة، سواء بين الخطوط، أم بين النباتات فى الخط الواحد يتبعه — دائمًا — زيادة المحصول من وحدة المساحة، إلى أن تصبح النباتات متزاحمة بدرجة أكثر من اللازم؛ حيث يتبع ذلك نقص المحصول.

وتتأثر مسافة الزراعة المناسبة بالعوامل التالية:

١- مدى توفر مياه الرى أو مياه الأمطار: فتزداد مسافة الزراعة عند نقص كمية المياه المتوفرة.

٢- خصوبة التربة: فتزداد مسافة الزراعة فى الأراضى الفقيرة.

٣- كميات الأسمدة المستعملة: فتزداد مسافة الزراعة عند نقص كميات الأسمدة.

٤- تزداد مسافة الزراعة فى حالة وجود طبقة صماء hard pan.

٥- يمكن إنقاص المسافة بين الخطوط فى حالة الزراعة اليدوية بدرجة أكبر منها عند الزراعة الآلية.

٦- تجب زيادة كثافة الزراعة فى حالة إجراء الحصاد آليًّا دفعة واحدة.

٧- تتوقف مسافة الزراعة على الصنف المستعمل ومقدار نموه.

٨- تتوقف مسافة الزراعة على عدد النباتات التى تترك بالجورة الواحدة.

٩- يمكن عن طريق التحكم فى مسافة الزراعة التحكم فى حجم رؤوس الكرنب، والخس، وأقراص القنبيط، وعدد وحجم النورات الجانبية فى البروكولى، وحجم

أبصال البصل، ودرنات البطاطس، وجذور البنجر، واللفت، والروتاباجا، والجزر وغيرها؛ حيث تعطى المسافات الضيقة أحجامًا أصغر.

ويوضح جدول (١٢-٢) المدى المناسب لمسافات الزراعة التى ينصح بها فى محاصيل الخضر تحت الظروف المختلفة. ويمكن تحديد المسافة من واقع هذه الظروف وحسب العوامل التى سبق ذكرها.

جدول (١٢-٢): مسافات الزراعة التى ينصح بها فى محاصيل الخضر

المحصول	المسافة بين النباتات فى الخط (سم)	المسافة بين الخطوط (سم)
الخرشوف	١٠٠-١٨٠	١٢٠-٢٤٠
الأسبرجس	٣٠-٤٥	٩٠-٢١٠
الفول الرومى	٢٠-٢٥	٥٠-١٢٠
الفاصوليا القصيرة	٥-١٠	٤٥-٩٠
الفاصوليا الطويلة	١٥-٢٥	٩٠-١٢٠
فاصوليا الليما القصيرة	١٥-٢٠	٤٥-٩٠
فاصوليا الليما الطويلة	٢٠-٣٠	٩٠-١٢٠
البنجر	٥-١٠	٤٥-٩٠
البروكولى	٣٠-٦٠	٥٠-١٠٠
كرنب بروكسل	٤٥-٦٠	٦٠-١٠٠
الكرنب المبكر	٣٠-٤٥	٦٠-٩٠
الكرنب المتأخر	٤٠-٧٥	٦٠-١٠٠
الكاردون	٣٠-٤٥	٩٠-١٢٠
الجزر	٣-٧	٤٠-٩٠
القنبيط	٣٠-٦٠	٦٠-١٢٠
السيليرياك	١٠-١٥	٦٠-٩٠
الكرفس	١٥-٣٠	٤٥-١٠٠
السلق السويسرى	٣٠-٤٠	٦٠-٩٠
الشيكوريا	١٠-٢٥	٤٥-٦٠

تابع جدول (١٢-٢).

المحصول	المسافة بين النباتات فى الخط (سم)	المسافة بين الخطوط (سم)
الكرنب الصينى	٢٥-٤٥	٤٥-٩٠
الشيف	٣٠-٤٥	٦٠-٩٠
الكولارد	٣٠-٦٠	٦٠-٩٠
الذرة السكرية	٢٥-٤٠	٩٠-١٢٠
أذرة السلاطة	٥-١٠	٣٠-٤٥
اللوبيا	١٥-٣٠	٩٠-١٢٠
حب الرشاد	٥-١٠	٣٠-٤٥
الخيار	٣٠	٩٠-١٨٠
الداندليون	٨-١٥	٣٥-٦٠
القلقاس	٦٠-٧٥	١٠٠-١٢٠
الباذنجان	٤٥-٩٠	٦٠-١٣٥
الهندباء	٢٠-٣٠	٤٥-٦٠
الفينوكيا	١٠-٣٠	٦٠-١٢٠
الثوم	٥-٨	٤٥-٦٠
فجل الحصان	٣٠-٤٥	٧٥-٩٠
الطرطوفة	٣٥-٤٥	١٠٠-١٢٠
الكيل	٤٥-٦٠	٦٠-٩٠
كرنب أبو ركبة	١٠-١٥	٣٠-٩٠
الكرات أبو شوشة	٥-١٥	٣٠-٩٠
الخس الرومين	٢٥-٣٥	٤٥-٦٠
الخس ذات الرؤوس	٢٥-٣٥	٤٥-٦٠
الخس الورقى	٢٥-٣٠	٤٥-٦٠
القاوون	٣٠-٤٠	١٥٠-٢٤٠
المسترد	١٥-٢٥	٣٠-٩٠
السبانخ النيوزيلاندى	٢٥-٥٠	٩٠-١٥٠
البامية	٣٠-٦٠	٦٠-١٥٠
البصل	٥-١٠	٤٥-٩٠

تابع جدول (١٢-٢).

المحصول	المسافة بين النباتات فى الخط (سم)	المسافة بين الخطوط (سم)
البقدونس	١٠-٣٠	٣٠-٤٥
الجزر الأبيض	١٠-١٥	٤٥-٩٠
البسلة	٣-٨	٦٠-١٢٠
الفلفل	٣٠-٦٠	٤٥-٩٠
البطاطس	٢٥-٣٠	٧٥-١٠٠
القرع العسلى	٩٠-١٥٠	٢٤٠-٣٦٠
الفجل العادى	١,٥-٢,٥	٣٠-٤٥
الفجل الشتوى (ذو الحولين)	١٠-١٥	٤٥-٩٠
الروبارب	٦٠-١٢٠	٩٠-٢٠٠
الروزيل	٦٠-١١٥	١٥٠-١٨٠
الروتاباجا	١٥-٢٠	٤٥-٩٠
السلسفيل	٥-١٠	٤٥-٩٠
الشالوت	١٥-٢٥	١٠٠-١٨٠
الحميض	١,٥-٢,٥	٣٠-٤٥
السبانخ	٥-١٥	٣٠-٩٠
القرع القائم	٣٠-٧٥	٩٠-١٢٠
القرع المداد	٩٠-٣٠٠	١٨٠-٣٠٠
البطاطا	٢٥-٤٥	٩٠-١٢٠
الطماطم الأرضية	٣٠-٧٠	٩٠-١٨٠
الطماطم التى تربى على أسلاك	٣٠-٦٠	٩٠-١٢٠
اللفت	٥-١٥	٣٠-٩٠
الكرسون المائى	نثرًا	
البطيخ	٦٠-٩٠	١٨٠-٢٤٠

كثافة الزراعة

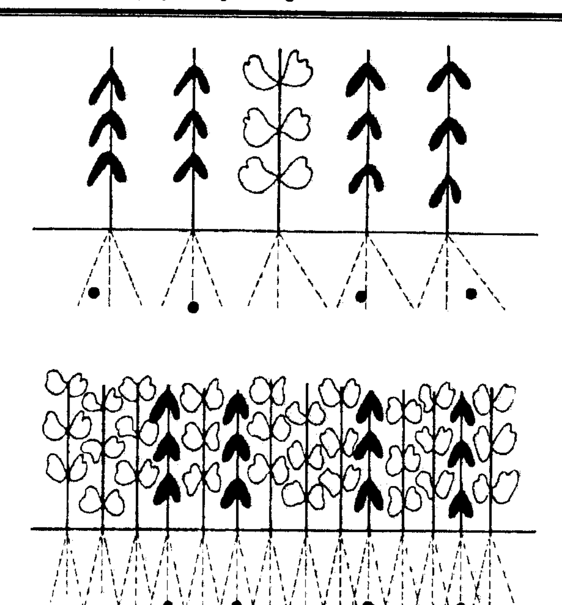
يقصد بكثافة الزراعة عدد النباتات فى وحدة المساحة، سواء أكانت هذه الوحدة مترًا مربعًا، أم فدانًا، أم هكتارًا. وتتأثر كثافة الزراعة بكل من المسافة بين النباتات، وبين الخطوط – إن وجدت – وعدد النباتات بالجورة الواحدة، وما إن كانت الزراعة على ريشتى الخط، أم على ريشة واحدة.

علاقة كثافة الزراعة بالإصابات المرضية

قد تؤدى زيادة كثافة الزراعة إلى زيادة نسبة الإصابة ببعض الأمراض. ففى الأمراض غير الجهازية نجد أن كل جرثومة أو كل جزء من المسبب المرضى قادر على بدء الإصابة يتسبب فى إحداث إصابة موضعية فى النسيج النباتى الذى يلامسه. وكلما ازداد عدد الجذور، أو الثمار، أو الأوراق المتوفرة لحدوث الإصابة بها .. ازدادت فرصة المسبب المرضى فى ملامستها؛ مما يعنى زيادة شدة الإصابة.

كما أن الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًا – مثل فيرس X البطاطس، وفيرس موزايك الفاصوليا العادى – تكون أسرع انتشارًا فى الزراعات الكثيفة منها فى الزراعات القليلة الكثافة.

هذا .. إلا أن الفيروسات التى تنتقل عن طريق الحشائش، والأمراض الفطرية التى تعيش مسبباتها فى التربة فى صورة أجسام فطرية خاصة – مثل الأجسام الحجرية Sclerotia – وتصيب النباتات عن طريق الجذور تقل فيها نسبة الإصابة عند زيادة كثافة الزراعة. ومرد ذلك إلى أن الإصابة الواحدة تجعل النبات كله مريضًا. فإذا كان المسبب المرضى لا يتواجد بكثافة عالية فى بيئة الزراعة، فإنه لا يصل إلا إلى نسبة منخفضة من النباتات وتبقى الغالبية سليمة وخالية من الإصابة (شكل ١٢-٥). أما إذا كان تواجد المسبب المرضى عاليًا، فإن كثافة الزراعة لا تفيد فى خفض معدل الإصابة؛ حيث يصل المسبب المرضى إلى كل نبات.



شكل (١٢-٥): رسم توضيحى للعلاقة بين كثافة الزراعة ونسبة الإصابات المرضية عندما يكون تواجد المسبب المرضى فى بيئة الزراعة منخفضًا نسبيًّا. تمثل النقطة السوداء جسمًا فطريًّا يعيش فى التربة، وهو قادر على إحداث الإصابة. تُحدث هذه الأجسام نسبة عالية جدًّا من الإصابة عندما تكون الزراعة غير كثيفة (الرسم العلوى)، بينما لا تمثل النباتات المصابة سوى نسبة منخفضة من مجموع النباتات فى الحقل فى حالة الزراعة الكثيفة (الرسم السفلى).

ومن بين الأمراض الفيروسية — التى تنتقل بواسطة الحشرات — والتى لوحظ فيها انخفاض معدلات الإصابة فى الزراعات الكثيفة عما فى الزراعات الأقل كثافة ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

المحصول	الفيرس	الحشرة الناقلة
الطماطم	التفاف الأوراق	الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*
الخيار	الموزايك	المن *Aphis gossypii*
فول الصويا	الموزايك	المن *Aphis citricola*
الفول السودانى	التورد	المن *Aphis craccivora*
الشعير	التقزم الأصفر	عدة أنواع من المنّ

وأحيانًا تكون الكثافة المناسبة للزراعة عالية جدًّا، فمثلاً .. تراوحت أفضل كثافة زراعة لأعلى محصول وأفضل لون لثمار البابريكا صنف Agridulce SIA بين ١٥٠٠٠٠، و ٢٠٠٠٠٠ نبات/هكتار (٦٣٠٠٠-٨٤٠٠٠ نبات/فدان)، علمًا بأن المحصول ازداد بزيادة كثافة الزراعة حتى أكثر من ٥٠٠٠٠٠ نبات/هكتار، لكن زيادة المحصول بزيادة الكثافة عن ٢٠٠٠٠٠ نبات/هكتار كانت صغيرة، فى الوقت الى انخفض فيه محتوى الصبغة فى الثمار خطيًّا بزيادة كثافة الزراعة (Cavero وآخرون ٢٠٠١).

علاقة كثافة الزراعة بكمية المحصول ونوعيته

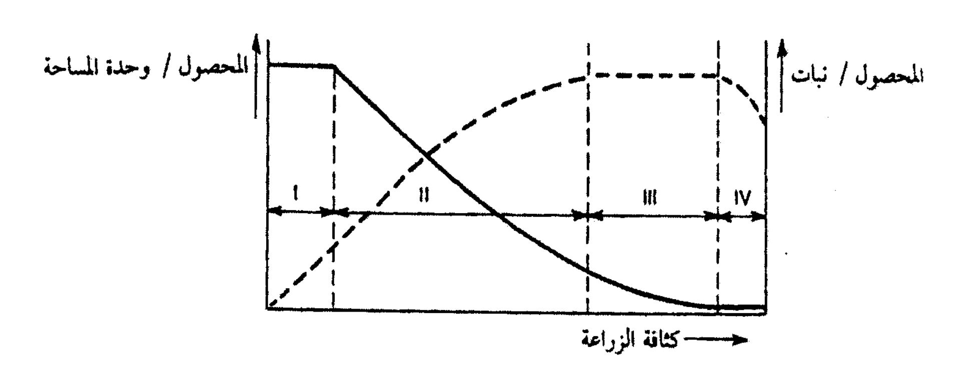
لكثافة الزراعة تأثير مباشر على كل من المحصول ونوعية الثمار أو الدرنات أو الجذور .. إلخ؛ حيث يبدأ حجم العضو النباتى (الثمرة أو الدرنة أو الجذر) فى النقصان، مع وصول كثافة الزراعة إلى حد معين.

فقد وجد فى حالة البنجر — مثلاً — أن المحصول يزداد بزيادة كثافة الزراعة، وعندما يكون المحصول أعلى ما يمكن يكون حجم الجذور نحو نصف حجمها فى حالة مسافات الزراعة الواسعة (أى أقل كثافة للنباتات فى وحدة المساحة). وعندما يكون حجم الجذر الواحد أكبر ما يمكن يكون المحصول من وحدة المساحة أقل من ٥٠٪ من أعلى محصول ممكن.

ويوضح شكل (١٢-٦) العلاقة بين كثافة الزراعة وكل من المحصول الكلى (الخط المتقطع) ومحصول النبات (الخط المتصل). يلاحظ عندما تكون مسافة الزراعة كبيرة — حيث لا توجد أية منافسة بين النباتات — أن زيادة كثافة الزراعة لا تؤثر على محصول النبات الواحد، ولكنها تؤدى إلى زيادة المحصول الكلى (المرحلة رقم I).

ومع بدء التنافس بين النباتات (المرحلة رقم II) يبدأ محصول النبات الواحد فى النقصان مع استمرار زيادة المحصول الكلى. ويعقب ذلك مرحلة (رقم III) يزيد فيها التنافس كثيرًا بين النباتات إلى درجة أن المحصول الكلى لا يتأثر فيها بزيادة كثافة الزراعة؛ حيث يبقى ثابتًا، بينما يستمر انخفاض محصول النبات الواحد. ولكن مع

بلوغ كثافة الزراعة مستويات عالية جدًا (مرحلة رقم IV) ينخفض كثيرًا محصول النبات الواحد إلى درجة تؤدى إلى انخفاض المحصول الكلى كذلك.



شكل (١٢-٦): العلاقة بين كثافة الزراعة وكل من المحصول الكلى (الخط المتقطع) ومحصول النبات الواحد (الخط المتصل). راجع المتن للتفاصيل.

ويمكن تمثيل العلاقة بين الكثافة النباتية (D) ومحصول النبات الواحد (W) بالمعادلة التالية:

$$W^{-1} = a + bD$$

حيث إن a، و b ثوابت.

ويتحدد المحصول (Y) من وحدة المساحة بالمعادلة التالية:

$$Y = WD$$

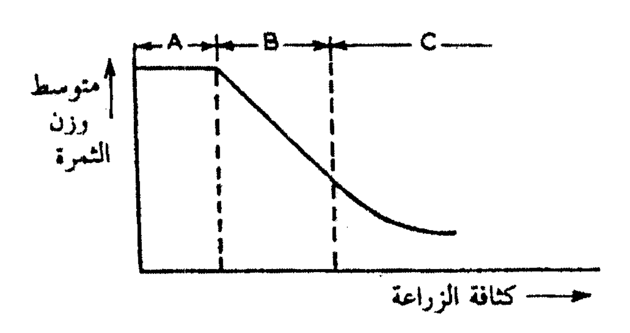
وبذا .. فإن:

$$Y = D/a + bD$$

ويمكن تحديد قيمتى a، و b تجريبيًا أو افتراضهما.

أما متوسط وزن الثمرة (M) فإنه ينخفض بزيادة كثافة الزراعة (شكل ١٢-٧)، ويمر أثناء ذلك بثلاث مراحل. يكون وزن الثمرة ثابتًا وكبيرًا عندما لا يوجد أى تنافس بين

النباتات (المرحلة A)، ثم ينخفض وزن الثمرة خطيًّا بزيادة كثافة الزراعة؛ بسبب زيادة شدة التنافس بين النباتات (المرحلة B)، ويلى ذلك مرحلة يقل فيها معدل الانخفاض فى وزن الثمرة مع زيادة كثافة الزراعة؛ لأن الانخفاض يكون قد بلغ منتهاه.



شكل (١٢-٧) العلاقة بين كثافة الزراعة ومتوسط وزن الثمرة. يراجع المتن للتفاصيل.

ويمكن التعبير عن العلاقة بين متوسط وزن الثمرة وكثافة الزراعة بالمعادلة التالية:

$$M = c + dD$$

حيث إن c، و d ثوابت.

تتوقف قيم الثوابت a، و b، و c، و d على موسم الزراعة، وشدة الإضاءة، ومرحلة النمو المحصولى، والصنف، وصفات التربة .. إلخ (عن van de Vooren ١٩٨٦).

وسائل التحكم فى كثافة الزراعة

كانت زراعة البذور تتم بطريقة يدوية أو بالبذَّرات البسيطة، مع إجراء عملية الخف بعد الإنبات لخفض كثافة النباتات إلى المستوى المرغوب. وظلت هذه الطرق هى السائدة إلى أن أصبحت عملية الخف مكلفة للغاية مع ارتفاع أجور العمالة الزراعية، نظرًا لأنها تتطلب مجهودًا كبيرًا وساعات عمل كثيرة.

وقد اتجه الأمر فى البداية نحو تقليل الجهد المبذول فى عملية الخف؛ بإنقاص كمية

التقاوى لوحدة المساحة، مع استخدام بذور عالية الجودة ذات نسبة إنبات عالية. وقد أفاد ذلك كثيرًا فى خفض تكاليف عملية الخف، لكن مع استمرار النقص فى الأيدى العاملة المتوفرة للمجال الزراعى وارتفاع أجورها استلزم الأمر إيجاد طرق أخرى للزراعة يمكن الاستغناء بها كليةً عن عملية الخف. وفيما يلى عرض لبعض هذه الطرق المتبعة فى زراعة محاصيل الخضر.

استخدام شرائط البذور فى الزراعة

شرائط البذور Seed Tapes عبارة عن لفائف على شكل شرائط تثبت فيها البذور على الأبعاد المرغوبة. وعند الزراعة يفك الشريط على خط الزراعة؛ بحيث تكون البذور لأسفل والشريط لأعلى. ومع الرى تذوب المادة اللاصقة للبذور، وتصبح بذلك فى التربة على المسافات المرغوبة. ويُصنع الشريط نفسه من مواد قابلة للذوبان؛ بحيث لا يعوق إنبات البذور؛ وقد تضاف إليه بعض الأسمدة أو المبيدات حسب الحاجة.

هذا .. ولم ينتشر استعمال شرائط البذور إلا فى الزراعة بالحدائق المنزلية؛ نظرًا لأن استعمالها يزيد كثيرًا من تكاليف التقاوى.

استخدام البذور المغلفة فى الزراعة

يعتبر الغرض الأساسى من عملية التغليف هو تنظيم حجم البذور بغرض التحكم فى مسافات الزراعة، سواء أكانت الزراعة يدوية، أم آلية. تغلف البذور بمواد خاملة، بحيث تكبر قليلاً فى الحجم، ويسهل تداولها منفردة (شكل ١٢-٨).

مزايا وعيوب تغليف البذور

من أهم مزايا تغليف البذور ما يلى:

١- زيادة حجم البذور؛ بحيث يمكن التحكم فيها وزراعتها على الأبعاد المرغوبة، كما لو كانت بذورًا كبيرة الحجم.

٢- التوفير فى ثمن التقاوى فى حالة البذرة الهجين المرتفعة الثمن.

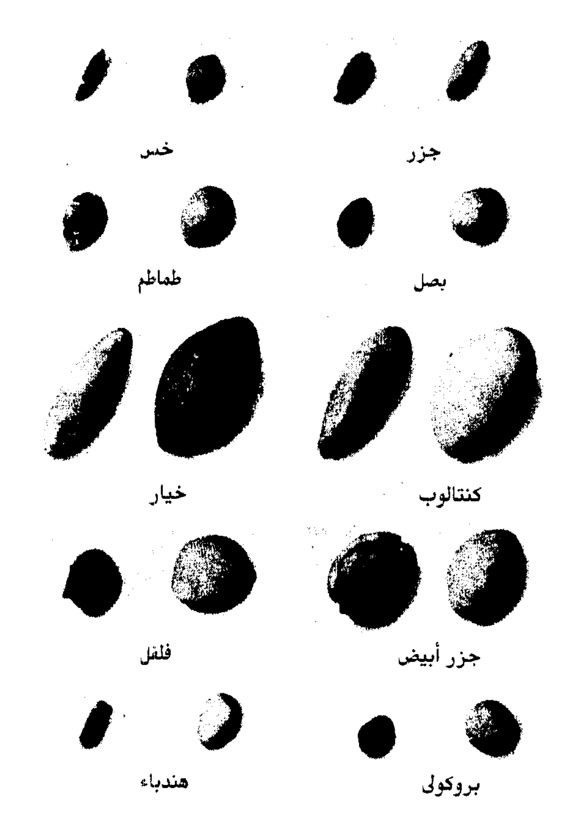
٣- الاستغناء عن عملية الخف.

٤- تجانس النمو.

٥- الاستغناء عن عملية التفريد المبكر pricking off عند زراعة المشاتل.

٦- يتأخر إنبات البذور المغلفة فترة تتراوح بين يوم ويومين، ويسمح ذلك بإنبات الحشائش أولاً؛ فيمكن التخلص منها.

٧- يمكن إضافة بعض المواد إلى أغلفة البذور؛ كالمبيدات الحشرية والفطرية. أو بعض العناصر السمادية، أو منظمات النمو. وقد يمكن إضافة بعض المواد الملونة التى تجعل البذور ذات لون يصعب تمييزه على الطيور أو الحيوانات الأخرى.



شكل (١٢-٨): البذور العادية والمغلفة لبعض أنواع الخضر.

تستخدم البذور المغلفة فى الولايات المتحدة فى زراعة حوالى ١٠٠ ألف هكتار من الخس. كما أنها تستخدم بنجاح فى كل من: الطماطم، والفلفل، والكرنب، والقنبيط، والهندباء، والبصل والجزر، والكرفس، والبقدونس، والبنجر وغيرها من محاصيل الخضر (عن Kaufman ١٩٩١).

لكن يعيب تغليف البذور ما يلى:

١- تحتاج البذور المغلفة إلى قدر أكبر من الرطوبة الأرضية للإنبات بغرض؛ إذابة الأغلفة. وقد يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى تأخير أو عدم انتظام الإنبات.

٢- يتأخر الإنبات فترة تتراوح بين يوم أو يومين.

٣- تزداد تكاليف التقاوى.

٤- يزداد وزن وحجم البذور؛ فتزيد بذلك مصاريف تعبئتها ونقلها.

٥- قد تتجمع أكثر من بذرة واحدة فى الحبة المغلفة (Purdy وآخرون ١٩٦١).

أنواع البذور المغلفة

تعرف ثلاثة أنواع من البذور المغلفة:

١- البذور المغلفة الكبيرة:

وهى ذات حجم كبير، وكروية تقريبًا، ويتراوح قطرها من ٣,٧٥ إلى ٤,٧٥ مم. وتحتوى فى حالة الخس على ١٣٠٠٠-١٧٠٠٠ بذرة بكل كيلو جرام؛ ويعنى ذلك أن وزن الحبة الواحدة يبلغ ٤٠-٥٠ ضعف وزن بذرة الخس غير المغلفة.

٢- البذور المغلفة الصغيرة mini pellets:

وهى بيضاوية الشكل تقريبًا، وتتبع الشكل العام للبذرة؛ حيث تحاط البذرة بقليل من المادة المغلفة. وهى فى الخس تزن ١٠-١٥ ضعف وزن البذرة غير المغلفة، ويحتوى الكيلو جرام منها على ٤٠٠٠٠-٦٥٠٠٠ بذرة. وهذه البذور لا يمكن إحكام زراعتها تمامًا على المسافات المرغوبة.

٣- البذور المغلفة المنشقة split pellets:

وهى مستديرة إلى بيضاوية، وتنشق وتخرج منها البذور بسهولة فى الوسط الرطب،

ويتراوح قطرها عادة بين ٢,٧٥ و ٣,٥٠ مم للخس، وتحوى ٢٠٠٠٠-٣٠٠٠٠ بذرة بكل كيلو جرام (Fordham & Biggs ١٩٨٥).

طريقة تغليف البذور

تتم عملية تغليف البذور بإحاطتها بطبقة من المواد الخاملة؛ مثل: الـ fly ash، أو field spar، أو celite، أو betonite، أو vermiculite. ومعظم هذه المواد عبارة عن مواد متعادلة غير عضوية، يتراوح فيها الـ pH بين ٦,٥ و ٧، ويضاف إلى المواد الخاملة بلاستيك قابل للذوبان فى الماء؛ ليجعلها قابلة للالتصاق (Crocker & Barton ١٩٥٣).

فمثلاً .. أمكن فى الطماطم والخيار إنتاج بذور مغلفة جيدة استعملت بنجاح فى الزراعة. غطيت البذرة أولاً بالفيرميكيوليت المخلوط بسماد تحليله ١٠-٣٤-صفر للاستفادة منه كسماد وكعامل لاصق، كما أضيف فحم نباتى منشّط active charcoal لحماية البذور النابتة من أضرار مبيدات الحشائش، وبهذه الطريقة كان وزن الحبة الواحدة ١,٥ جم (Haugh & Kromer ١٩٧٢).

ويؤدى التغليف إلى زيادة حجم ووزن البذرة الواحدة (جدول ١٢-٣)، لكنها تظل محتفظة بشكلها العادى (إما كروية، أو بيضاوية أو مستطيلة)؛ لأن محاولة جعل البذور البيضاوية أو المستطيلة كروية الشكل يعنى زيادة حجمها بدرجة كبيرة.

زراعة البذور بطريقة الـ Plug-Mix

تتلخص الزراعة بطريقة الـ plug mix فى خلط البذور المراد زراعتها جيدًا مع مخلوط مبلل من السماد العضوى الصناعى (الكومبوست)، والبيت، والفيرميكيوليت، والبرليت، والجير، والأسمدة، والمبيدات الفطرية، ثم تؤخذ منه كميات بحجم ٢٥-٥٠ سم٣ تسمى plugs، وتوضع فى التربة على الأبعاد المرغوبة. وتحتوى كل كمية من المخلوط (plug) على عدد معين من البذور؛ وبذلك ينمو عدد من البادرات معًا فى كل جورة.

جدول (١٢-٣): وزن وحجم بذور عدد من الخضروات بعد التغليف.

المحصول	قطر البذرة المغلفة	عدد أضعاف الزيادة في الوزن	وزن ١٠٠٠ بذرة مغلفة (جم)
الهندباء	٣-٣,٥	١٥-٢٠	٢٥-٤٠
الخيار	٦-٨	١٠-١٤	٣٠٠-٥٠٠
القنبيط	٣-٣,٥	٨-١٢	٢٥-٤٠
الشيكوريا	٣-٣,٥	١٥-٢٠	٢٥-٤٠
كرنب أبو ركبة	٣-٣,٥	١٠-١٢	٢٥-٤٠
الفلفل	٤,٥-٥,٥	٩-١٢	٦٠-١٠٠
الكرات	٣-٣,٥	٩-١١	٢٥-٤٠
الفجل	٣-٣,٥	٣-٤	٢٥-٤٠
الخس	٣-٣,٥	٢٥-٣٠	٢٥-٤٠
الطماطم	٣,٥-٤	١٠-١٢	٥٠-٦٠
البصل	٣-٣,٥	٨-١٦	٢٥-٤٠
الجزر	٣-٣,٥	٣٠-٣٥	٢٥-٤٠

وتتبع هذه الطريقة بنجاح مع الطماطم. ويفضل فى حالة الزراعة فى الجو البارد استنبات البذور أولاً، حتى يبرز الجذير قبل خلطها مع خلطة الزراعة؛ لأن الطماطم يمكنها النمو فى درجات حرارة أقل من تلك التى تلزم للإنبات.

زراعة البذور على مسافات محددة

توجد أنواع مختلفة من الآلات لزراعة البذور على مسافات محددة precision seedling، منها ما يستخدم فيه حزام belt، أو قرص plate متحرك وبه ثقوب تسمح بمرور البذور على مسافات محددة، ومنها ما تستخدم فيه عجلة بها انخفاضات تستقر فيها البذور seed wheel؛ لتوضع فى مكانها المطلوب بخط الزراعة مباشرة، بالإضافة إلى أنواع أخرى.

وفى جميع الحالات يتطلب نجاح زراعة البذور على مسافات محددة ما يلى:

١- أن يُجهّز الحقل بصورة جيدة، فيكون مهاد الزراعة ناعمًا ومسطحًا؛ حتى يمكن التحكم فى مسافة الزراعة وعمقها.

٢- أن تكون البذور ذات نسبة إنبات مرتفعة، متجانسة فى الحجم، ومنتظمة الشكل. ويحسن استخدام البذور المغلفة؛ لضمان تجانسها فى الشكل.

٣- مكافحة الحشائش جيدًا بمبيدات الحشائش.

زراعة البذور وهى محملة فى سوائل خاصة

تقنية الزراعة مع السوائل

عند زراعة البذور وهى محمولة فى سوائل خاصة Fluied drilling يستعمل جِلّ (جيلى) gel من نوعٍ خاص قد تعلق فيه البذور وهى جافة، ثم ترش فى التربة، أو تستنبت البذور أولاً، ثم تعلق فى الجيلى وتزرع بعد ذلك. والطريقة الثانية هى الشائعة؛ لأن البذور تستنبت أولاً تحت ظروف مثالية من الحرارة والضوء والتهوية، ثم تفصل البذور النابتة (أى التى برز فيها الجذير) عن غير النابتة؛ وذلك بواسطة تيار من الماء فى أنابيب (مواسير) مائلة؛ حيث يساعد الجذير الموجود فى البذور النابتة على دفعها مع تيار الماء، بينما تبقى البذور غير النابتة فى مكانها، أو يكون تحركها قليلاً.

ويسمح ذلك بضمان الحصول على إنبات بنسبة ١٠٠٪ فى الحقل، وقد يمكن فصل البذور النابتة عن غير النابتة على أساس الكثافة والطفو فى المحاليل السكرية.

وإلى جانب استخدام الجيلى، فإن البذور المستنبتة يمكن أن تعلق فى كمية محدودة من الماء، كما قد تعلق فى الجيلى، ثم تزرع وهى فى خلطة خاصة أساسها البيت موس تسمى plug mix، بحيث تحتوى كل جورة على كمية من الخلطة بها عدد محدود من البذور.

ومن أهم أنواع الجلّ المستخدم فى زراعة البذور بطريقة السوائل ما يلى (عن Gray ١٩٨١):

المركب	التحضير التجارى
sodium alginate	Agrigel
hydrolyzed starch-polyacrylonitrile	H-SPAN
sugar gums	K4492 & K59.5
synthetic clay	Laponite 508
modified potato starch	Perfactamyl CMA 2K
a form of polyacrylamide	Magnafloc 511
a polyacrylate	Viscalex

هذا .. ولا تفيد هذه الطريقة فى زراعة البذور على الأبعاد المرغوب فيها، وإنما بالكثافة التى يتم تحديدها مسبقًا. وتجرى محاولات لإنتاج آلات يمكن بواسطتها زراعة البذور المستنبتة والمحمولة فى السوائل على المسافات المرغوبة.

ومن الأهمية بمكان المحافظة على رطوبة التربة بعد الزراعة، وحتى إنبات البذور، نظرًا لأن جفاف التربة يؤدى إلى نقص كبير فى الإنبات.

هذا .. وقد تكون الظروف الجوية غير مناسبة للزراعة بعد إعداد مُعلق البذور المستنبتة مع الجيلى، وفى هذه الحالة يفضل تخزين المُعلق لحين تحسّن الظروف الجوية. فقد أمكن مثلاً تخزين البذور المستنبتة من الكرنب، والجزر، والخس لمدة ١٥ يومًا فى حرارة ١ °م فى جو عادى أو مرطب. أما محاصيل الجو الدافئ — مثل الفلفل، والطماطم، والذرة السكرية — فقد أمكن تخزين معلق بذورها المستنبتة مع الجيلى لمدة ١–٢ أسبوع فى حرارة ٦–١٠ °م فى جو مرطب. كذلك أمكن حفظ بذور الطماطم المستنبتة فى الجيلى التجارى Natrosol 250 HHR على درجة الصفر المئوى لمدة ١٢ يومًا، دون أن يتأثر إنبات البذور بعد ذلك (Wallace & Fieldhouse ١٩٨٢).

مزايا الزراعة مع السوائل

تحقق زراعة البذور، وهي محمولة في سوائل خاصة المزايا التالية:

١- تستنبت البذور أولاً تحت ظروف مثالية للإنبات؛ الأمر الذى يضمن إنباتها، كما يضمن عدم دخول البذور في طور سكون ثانوى كما يحدث مثلاً عند زراعة بذور الخس في درجات الحرارة المرتفعة.

٢- سرعة ظهور البادرات على سطح التربة، لأن استنبات البذور قبل الزراعة يُقصر الفترة اللازمة للإنبات، وبالتالى تقل فرصة حدوث الأضرار للبادرات من جرّاء الإصابة بالأمراض والحشرات، أو التعرض لظروف بيئية غير مناسبة.

٣-تجانس الإنبات:

يعد تجانس الإنبات خلال فترة قصيرة نسبيًّا من أهم مزايا زراعة البذور وهى محمولة في سوائل، ولا تتحقق تلك الفائدة بصورةجيدة إلا إذا استخدمت لأجل ذلك بذور سبقت معاملتها بالنقع في محاليل ذات ضغطأسموزى مرتفع، مثل المحاليل الملحية أو محاليل البوليثيلين جليكول، وهى المعاملة التى تعرف باسم Seed Priming. والتى تأخذ خلالها المراحل الأولى للإنبات مجراها، وتصبح بعدها جميع البذور في وضع استعداد لمباشرة الإنبات وبروز الجذير منها.

تزداد أهمية تلك المعاملة في محاصيل خاصة، مثل الجزر، والكرفس، والبصل، والكرات أبو شوشة، والخس، حيث تؤدى معاملة الـ Priming إلى زيادة تجانس الإنبات.

٤- يمكن استعمال الجيلى كحامل للعناصر الغذائية ومنظمات النمو والمبيدات؛ الأمر الذى يزيد من توفير الحماية للبادرات في مراحل نموها الأولى.

ومن الأمثلة الناجحة في هذا الشأن ما يلي:

أ- زيادة معدل تكوين العقد الجذرية على جذور البقوليات بإضافة البكتيريا الخاصة بذلك إلى الجيلى مع البذور المستنبتة.

ب- مكافحة مرض العفن الأبيض في البصل بكفاءة بإضافة المبيد إبروديون iprodione للجيلى مع البذور المستنبتة.

جـ- زيادة معدل نمو الخس بإضافة التحضير التجارى سايتكس Cytex (الذى يحتوى على سيتوكينين) للجيلى قبل الزراعة بمعدل ١٣مل من السايتكس لكل لتر من الجيلى، وهى ربع الكمية التى تستخدم عادة رشًا على النباتات (Gray ١٩٨١).

د- أمكن إدخال عدد من منظمات النمو فى نباتات الطماطم أثناء مرحلة الإنبات، وهى باكلوبوترازول paclobutrazol (وهو مثبط للنمو يزيد من نسبة الجذور إلى الأوراق، وأفاد مع التفاح فى تجنب مشكلة النقص الرطوبى فى النباتات بعد الشتل) ودامينوزايد daminozide (وهو مثبط النمو المعروف باسم الآلار Alar أو SADH) وجليوفوسيت glyphosate والأوكسين 2,4-D الذى استخدم فى نباتات أخرى للمساعدة على التجذير (Pombo وآخرون ١٩٨٥).

هذا .. ويساعد تلامس الجذير النامى مع هذه المركبات على سرعة امتصاصه لها. كما لم تتأثر خصائص الجيلى بإضافة أى من هذه المركبات إليه.

هـ- زيادة المحصول المبكر والكلى وزيادة تجانس النضج:

من أمثلة المحاصيل التى ازداد فيها المحصل الكلى عند الزراعة بطريقة السوائل مقارنة بزراعة البذور الجافة ما يلى (عن Pill ١٩٩١):

المحصول	الزيادة فى المحصول (٪)
الجزر	٢٢
الكرفس	٣٦
الجزر الأبيض	١٠٧
الطماطم	١٢

ومن أهم المزايا التى تحققت لكل محصول من الخضر ما يلى:

أ- فى الجزر: تجانس الإنبات وزيادة نسبته تحت ظروف بيئية متباينة، مع التبكير فى الإنبات بنحو ٧-١٠ أيام (Finch-Savage ١٩٨٤أ، و ب) وزيادة المحصول المبكر جوهريًا.

ب- الكرفس والخس: زيادة نسبة الإنبات، والتبكير فى الإنبات بنحو ١٠ أيام فى الكرفس، ونحو ٥-٧ أيام فى الخس.

جـ- البنجر: زيادة نسبة الإنبات، والتبكير فى الإنبات بنحو ٥ أيام.

د- الطماطم: زيادة نسبة الإنبات حتى مع إجراء الزراعة وحرارة التربة ١٠ ْم، والتبكير فى الإنبات مدة يومين فى حرارة ٢٠ ْم، وستة أيام فى حرارة ١٢-١٥ ْم، و ١٥-١٧ يومًا فى حرارة ٩-١١ ْم وزيادة النمو والتبكير فى النضج بنحو ٧ أيام.

الخف

يؤدى الخف Thinning إلى منع تزاحم النباتات؛ ومن ثم يحصل كل نبات على الحيز المناسب للنمو، ويعطى محصولاً جيدًا.

وأنسب وقت لإجراء عملية الخف هو بعد زوال أى خطر محتمل قد تتعرض له النباتات من جراء التقلبات الجوية أو الإصابات الحشرية. كما يجب عدم تأخيره أكثر من اللازم؛ تجنبًا لتزاحم النباتات. وتجرى عملية الخف — عادة — بعد ظهور أول ورقتين حقيقيتين. كما أنها قد تجرى على دفعتين، ويُترك فى المرة الأولى نباتان فى الجورة.

وتجرى عملية الخف بإزالة النباتات الضعيفة النمو الشاذة، ويُبقى على النباتات القوية السليمة الخالية من الإصابات المرضية والحشرية.

ويَحْسُن أن تُزال النباتات غير المرغوبة بقرطها من فوق سطح التربة؛ حتى لا تتخلخل التربة حول النباتات المتبقية. كما يَحْسُن رى الحقل عقب الخف.

ونظرًا لأن عملية الخف تكون مكلفة، فإن الاتجاه هو نحو زراعة القدر المناسب من البذور على المسافات المرغوبة، مع الاستغناء عن عملية الخف كلية.

الترقيع

تجرى عملية الترقيع بغرض إعادة زراعة الجور الغائبة؛ أى التى فشلت فى الإنبات، أو التى ماتت الشتلات فيها عقب الشتل.

وتزداد نسبة الغياب عندما تكون الرطوبة الأرضية غير ملائمة للإنبات، أو عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة كثيرًا عن المجال الملائم لإنبات بذور المحصول المزروع، أو فى حالات الإصابات المرضية أو الحشرية، كذلك قد يعود الغياب إلى نقص نسبة الإنبات فى التقاوى المستخدمة فى الزراعة.

ويجب أن تجرى عملية الترقيع بعد مرور فترة كافية للإنبات الجيد حسب المحصول ودرجة الحرارة وطريقة الزراعة، كما يجب عدم تأخير الترقيع؛ حتى تكون النباتات متجانسة النمو فى الحقل كله. وطبيعى أن عملية الترقيع يجب أن تجرى ببذور نفس الصنف الذى سبقت زراعته فى الحقل.

وإذا كانت الجور الغائبة قليلة، فإنه يمكن إجراء عملية الترقيع ببذور سبق نقعها فى الماء، مع زراعتها بالطريقة الحراثى إذا كانت الرطوبة الأرضية مناسبة، أو يجرى الترقيع بالطريقة العفير، مع رى كل جورة على حدة يدويًّا. أما إذا كانت نسبة الجور الغائبة مرتفعة، فإن الترقيع يتم قبل — أو بعد — ريّة المحاياة حسب المحصول، وطريقة زراعته، ونوع التربة.

الزراعات اللاأرضية الحقلية

للتعرف على تفاصيل طرق إجراء الزراعات الحقلية اللاأرضية — التى تخرج عن موضوع هذا الكتاب — — يراجع Hochmuth & Hochmuth (٢٠٠٣).

اختيار الموعد المناسب للزراعة

العوامل المؤثرة فى اختيار الموعد المناسب للزراعة

يتأثر اختيار الموعد المناسب للزراعة فى منطقة ما بعديد من العوامل، نوجزها فيما يلى:

١- المحصول المُراد زراعته:

فلكل محصول ظروفه البيئية الخاصة التى تلائم نموه وتطوره.

٢- الصنف:

فالأصناف قد تختلف فى مدى تأثرها بالعوامل البيئية. فمثلاً .. تختلف أصناف البصل فى احتياجاتها من الفترة الضوئية لتكوين الأبصال، وتختلف أصناف الكرنب فى احتياجاتها من الحرارة المنخفضة حتى تتهيأ للإزهار، وكذلك تختلف أصناف السبانخ فى سرعة استجابتها للنهار الطويل عند إزهارها.

٣- الظروف البيئية السائدة فى منطقة الإنتاج:

تعد درجات الحرارة، وطول الفترة الضوئية أهم العوامل، إلا أن الرياح الحارة الجافة، والعواصف الرملية، وموسم الأمطار تتدخل أيضًا فى اختيار الموعد المناسب للزراعة. فلا تجب مثلاً زراعة الطماطم فى المواعيد التى يحدث فيها الإزهار فى أوقات تشتد فيها الحرارة أو البرودة، لأنها لا تعقد ثمارها تحت هذه الظروف. كما أن ثمار الفلفل لا تعقد فى المواسم التى تشتد فيها الرياح الحارة الجافة. وإذا اعتمدت الزراعة على ماء المطر، فلابد من إدخال موسم الأمطار فى الحسبان عند اختيار موعد الزراعة.

٤- طبيعة التربة فى منطقة الإنتاج:

فالأراضى الرملية والخفيفة تكون أكثر دافئًا فى الشتاء وبداية الربيع، مما يسمح بالزراعة المبكرة فيها، بالمقارنة بالأراضى الثقيلة.

٥- العامل الاقتصادى:

فنجد أن المحصول يكون مرتفعًا والأسعار منخفضة فى أكثر العروات مناسبة للمحصول المزروع، بينما يكون المحصول منخفضًا والأسعار عالية فى العروات التى لا تناسب نمو المحصول. وعلى المنتج أن يوازن بين هذين العاملين — الإنتاج والأسعار — عند اختيار موعد الزراعة.

ويمكن بالتجربة والممارسة مع الإحاطة بالعوامل السابقة تحديد مواعيد الزراعة المناسبة لكل محصول فى كل منطقة من مناطق الإنتاج.

ويطلق على هذه المواعيد اسم عروات. فالعروة الصيفية مثلاً هى التى تزرع فى يناير وفبراير، وتنمو النباتات خلال فصل الربيع، وتعطى محصولها فى بداية فصل الصيف.

الزراعات المتتابعة من نفس المحصول فى الموسم الواحد

عندما تسمح العوامل السابقة الذكر بزراعة المحصول على مدى فترة زمنية طويلة، فإنه يكون من الأفضل تقسيم المساحة المراد زراعتها إلى مساحات أصغر تزرع فى مواعيد متتابعة، بحيث يمكن توزيع أعباء الأعمال الحقلية للمساحة ككل على مدى فترة زمنية أطول، خاصة بالنسبة لعملية الحصاد التى تتطلب أيد عاملة كثيرة، وبحيث يمكن تجنب حصاد المساحة كلها فى وقت واحد، وما يستتبع ذلك من مشاكل فى الشحن والتسويق، مع زيادة العرض وانخفاض الأسعار.

وتشتد الحاجة إلى التخطيط لعدد من الزراعات المتتابعة من محصول ما، خاصة عند الرغبة فى زراعة مساحة كبيرة، مع وجود تعاقدات مع مصانع حفظ الأغذية على توريد كميات معينة من المنتج فى مواعيد محددة. فمصانع حفظ الأغذية إمكاناتها محدودة، ولا يمكنها تلقى كل المحصول المراد تصنيعه فى فترة زمنية قصيرة، وإمكاناتها فى التخزين محدودة، فضلاً على أن تصنيع الأغذية سريعًا بعد الحصاد يعد أفضل من تصنيعها بعد فترة من التخزين. كما أن تشغيل هذه المصانع لأطول فترة من السنة يعد أمرًا حيويًّا من الوجهة الاقتصادية. لذلك تتعاقد مصانع حفظ الأغذية عادة على توريد كميات معينة من محاصيل الخضر، مثل: الطماطم، والبسلة، والفاصوليا، والذرة السكرية فى مواعيد محددة.

وقد استتبع ذلك إجراء عديد من الدراسات التى نتج عنها ما سمى بنظام الوحدات الحرارية heat unit system الذى يستخدم فى التنبؤ بموعد الحصاد؛ وبالتالى فى تحديد مواعيد الزراعات المتتابعة.

نظام الوحدات الحرارية

يستخدم نظام الوحدات الحرارية فى التنبؤ بموعد الحصاد؛ وبالتالى فى توقيت

مواعيد الزراعات المتتالية، حتى لا تكون كل المساحة جاهزة للحصاد فى وقت واحد، وخاصة بالنسبة للخضر التى تتدهور نوعيتها كثيرًا إذا ما تركت دون حصاد، مثل الذرة السكرية، والفاصوليا، والخيار، والبسلة، والقاوون، والطماطم.

كان Boswell أول من طبق هذا النظام على محاصيل الخضر، وكان ذلك على محصول البسلة، حيث وجد أن البسلة تزهر بعد أن تتلقى قدرًا معينًا من الحرارة — أعلى من أربع درجات مئوية — أيًا كان عدد الأيام التى تمر إلى حين تلقيها لهذا القدر من الحرارة.

طريقة حساب الوحدات الحرارية

يعتمد هذا النظام على أنه يلزم لكل نبات عدد معين من الوحدات التى يجب أن يحصل عليها لإكمال نموه. كما أن لكل مرحلة من مراحل النمو وحداتها الحرارية الخاصة اللازمة لإتمامها. ولا يتم النمو إلا بعد أن يحصل النبات على هذه الوحدات، بغض النظر عن المدة التى تنقضى بعد الزراعة.

وتحسب الوحدات الحرارية heat units على أساس مجموع الساعات الحرارية الأعلى من درجة الأساس base temperature، أو نقطة الصفر zero point، وهى درجة الحرارة الدنيا لنمو المحصول. وتقدر هذه الدرجة تجريبيًّا، وهى تختلف من محصول لآخر، ولكنها تقدر بنحو ٤٠°ف (٤,٤°م) لخضر الجو البارد، وبنحو ٥٠°ف (١٠°م) لخضر الجو الدافئ. ويلزم لدقة الحساب أن تحدد تجريبيًّا لكل محصول على حدة. فمثلاً .. وجد أن درجة حرارة الأساس للطماطم هى: ٤٣°ف (٦,١°م) (Warnock & Isaacs ١٩٦٩)، وعمومًا .. فهى الدرجة التى يعطى استعمالها أقل قدر من معامل التباين.

ويحسب عدد الوحدات الحرارية ليوم ما بطرح درجة حرارة الأساس من معدل درجة الحرارة فى ذلك اليوم، ثم يحسب مجموع الوحدات الحرارية من الزراعة حتى النضج، ويطلق عليها الأيام الحرارية degree days، أو الوحدات الحرارية heat units، أو thermal units. وبضرب الـ degree days فى ٢٤ نحصل على ما يسمى بالساعات الحرارية degree hours.

هذا .. ويقدر عدد الساعات الحرارية لكل صنف على حدة بإجراء دراسات تستمر لعدة سنوات يحسب منها متوسط عدد الساعات الحرارية اللازمة لكل مرحلة من مراحل النمو حتى الحصاد.

فمثلاً .. أجريت بولاية كاليفورنيا الأمريكية دراسة على صنف الطماطم فى اف ١٤٥ بى ٧٨٧٩ VF 145-B-7879 تضمنت ٢٤ تجربة على مدى ٣ سنوات، واستخدمت فيها ٦°م كدرجة حرارة أساس، وأمكن من خلالها معرفة عدد الساعات الحرارية اللازمة للوصول إلى مراحل النمو والنضج المختلفة (جدول ١٢-٤).

جدول (١٢-٤) عدد الساعات الحرارية اللازمة لوصول نباتات الطماطم من صنف VF 145-B-7879 إلى مراحل النمو والنضج المختلفة.

مرحلة النمو أو النضج	إجمالى عدد الساعات الحرارية اللازمة من وقت زراعة البذور
الإنبات	٩٣
بداية الإزهار	٦١٢
وصول أول الثمار لقطر ٢,٥ سم	٩١٣
وصول أول الثمار إلى مرحلة بداية التلون	١٤٢٦
تمام تلون أول الثمار	١٥٣٣

كما وجد أن الصنف كامبل ٣٤ Campbell 34 تطلب ساعات حرارية مماثلة لتلك التى تطلبها الصنف VF 145-B-7879 (Warnock ١٩٧٣).

هذا .. وبالرجوع إلى سجلات الأرصاد الجوية فى منطقة ما، فإنه يمكن تحديد مواعيد الزراعة مع التنبؤ بمواعيد الحصاد، لكن ذلك يتطلب سجلات دقيقة لدرجات الحرارة السائدة فى المنطقة على مدى سنوات عديدة سابقة.

العوامل المؤثرة على الوحدات الحرارية اللازمة من الزراعة إلى الحصاد

يتأثر عدد الوحدات الحرارية اللازمة من الزراعة إلى الحصاد بالعوامل التالية:

١- نوع المحصول المزروع.

٢- طول الفترة الضوئية وشدة الإضاءة.

٣- درجة حرارة التربة:

ولهذا العامل أهمية كبيرة قبل الإنبات. أما بعد ذلك، فالأهمية الكبرى تكون لدرجة حرارة الهواء.

٤- مدى انحدار التربة وحالة الصرف، وهى عوامل تؤثر على درجة حرارة التربة.

٥- الارتفاع عن سطح البحر وخط العرض فى منطقة الإنتاج.

٦- نوع التربة:

فالأراضى الثقيلة يكون النضج فيها بطيئًا، بعكس الأراضى الخفيفة.

٧- خصوبة التربة، وكمية وأنواع الأسمدة المضافة:

فالفوسفور يبكر النضج، بينما يؤخر النيتروجين موعد النضج.

٨- الرياح، والبَرَد، والعواصف، والأمراض، والحشرات.

٩- الأضرار الناجمة عن الجفاف والصقيع.

١٠- التغير اليومى فى درجة حرارة الليل والنهار.

وقد اقترح البعض استخدام الوحدات الحرارية مع معدل طول النهار كأساس للحساب، بدلاً من الوحدات الحرارية وحدها. فقد وجد أن الزيادة فى خط العرض على نفس مستوى الارتفاع من سطح البحر يصاحبها نقص فى عدد الوحدات الحرارية اللازمة بسبب الزيادة فى طول النهار صيفًا (Wilsie ١٩٦٢).

التحورات التى أدخلت على نظام حساب الوحدات الحرارية

إن حساب عدد الساعات الحرارية على أساس طرح متوسط درجة الحرارة اليومى (وهو حاصل جمع درجة الحرارة الدنيا ودرجة الحرارة العظمى مقسومًا على ٢) من درجة حرارة الأساس (ولتكن ١٠ °م بالنسبة لمحصول صيفى كالذرة السكرية)، وضرب الناتج فى ٢٤ (عدد ساعات اليوم) .. إن إجزاء الحساب بهذه الكيفية لا يعطى

الوحدات الحرارية الفعّالة حينما تنخفض الحرارة عن الحد الأدنى اللازم للنمو، أو حينما ترتفع عن الحد الأقصى الذى يتوقف بعده النمو. فمثلاً .. لو أن الحرارة انخفضت ليلاً إلى خمس درجات مئوية وارتفعت نهارًا إلى ١٥ °م، فإن إجمالى الساعات الحرارية يكون صفرًا، بينما يُستدل من الحد الأقصى لدرجة الحرارة فى هذا المثال على أنها كانت مناسبة للنمو لفترة من اليوم.

ولو أن درجة الحرارة الصغرى انخفضت إلى حد إحداث صدمة لعملية تطور النمو النباتى، لكان لأخذها فى الحسبان — عند حساب عدد الساعات الحرارية — ما يُبرره. ولكن لو أن الانخفاض فى درجة الحرارة الصغرى — عن درجة حرارة الأساس — لم يكن كبيرًا إلى حد إحداث صدمة للنمو النباتى .. فحينئذٍ يصبح من المنطقى اعتبار درجة الحرارة الصغرى مساوية لدرجة حرارة الأساس.

كذلك فإن الحرارة الأعلى من درجة الحرارة العظمى تثبط النمو النباتى؛ الأمر الذى يتطلب إجراء تصحيح لعدد الساعات الحرارية المحسوبة. ويمكن إجراء هذا التصحيح بطرح الفرق بين درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة المثلى من متوسط درجة الحرارة اليومى المحسوب. ويتطلب ذلك الإجراء — بطبيعة الحال — معرفة درجة الحرارة المثلى تجريبيًّا (عن Gilmore & Rogers ١٩٥٨)، وقد يكتفى باعتبار درجة الحرارة العظمى المشاهدة مساوية لدرجة الحرارة العظمى التى يتوقف بعدها النمو، وهى التى يتعين تحديدها تجريبيًّا كذلك (Arnold ١٩٧٤).

وتعرف الطريقة السابقة — التى يطرح فيها الفرق بين الحرارة العظمى للمحصول والحرارة العظمى لليوم من معدل درجة الحرارة اليومى — بنظام السقف الحرارى Temperature Ceiling.

وقد قام Perry وآخرون (١٩٨٦) بتطبيق ١٤ طريقة لحساب الوحدات الحرارية من الزراعة إلى الحصاد فى الخيار، ووجدوا أن أفضل طريقة كانت بجمع الفرق اليومى بين درجة الحرارة العظمى وحرارة أساس مقدارها ١٥,٥ °م، ولكن مع حساب

الوحدات الحرارية — عندما ترتفع الحرارة العظمى اليومية عن ٣٢°م — بالطريقة التالية:

الوحدات الحرارية اليومية = [٣٢ — (درجة الحرارة العظمى — ٣٢)] — ١٥,٥

وقد أعطت هذه الطريقة معامل تباين مقداره ٣٪، مقارنة بـ ١٠٪ عند حساب الوحدات الحرارية بالطريقة العادية.

وقد طبقّ Perry & Wehner (١٩٩٠) هذا النظام على الخيار فى ثلاث سنوات، وثلاث عروات، وثلاثة واقع، ووجدا أنه أفضل جوهريًّا من النظام العادى لحساب الساعات الحرارية للتنبؤ بموعد الحصاد فى أصناف خيار التخليل، ولكنه لم يكن فعّالاً مع أصناف السلاطة.

كما جرّب Dufault وآخرون (١٩٨٩) ثمانى طرق لحساب الوحدات الحرارية من الزراعة إلى الحصاد فى الكولارد، وقارنوا بينها على أساس معامل الاختلاف. وقد حصل الباحثون على أقل معامل اختلاف (٩,١٪) عند حساب الوحدات الحرارية على أساس الفرق بين درجة الحرارة العظمى اليومية ودرجة حرارة أساس قدرها ١٣,٤°م، ولكن مع طرح درجة حرارة الأساس (١٣,٤°م) من حرارة عظمى معدلة (هى: ٢٣.٩ — الفرق بين الحرارة العظمى المسجلة و ٢٣,٩°م) عندما ارتفعت درجة الحرارة العظمى عن ٢٣,٩°م.

وفى المقابل .. كان معامل الاختلاف ١١,٤٪ عندما اتبعت الطريقة العادية بجمع حاصل الطرح اليومى لدرجة حرارة أساس مقدارها ٤,٤°م من متوسط درجة الحرارة — يوميًّا — خلال موسم النمو. كما كان معامل الاختلاف ١٣,٤٪ حينما اكْتُفِىَ بجمع عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد.

ومن التعديلات الأخرى التى أدخلت على معادلة حساب الساعات الحرارية، ما يلى:

١- عند انخفاض درجة الحرارة بشدة لفترة قصيرة (ولتكن ثلاث ساعات) ليلاً اقترح

للذرة السكرية المعادلة التالية: عدد الأيام الحرارية = [(الحرارة الصغرى + الحرارة العظمى لفترة ٣ ساعات)/٢] - ١٠ °م، مع اعتبار الحرارة المثلى ٣٠ °م.

٢- أخذت درجة حرارة التربة — وليست درجة حرارة الهواء — فى الحسبان عند حساب عدد الساعات الحرارية من الزراعة حتى إنبات البذور فى الذرة السكرية (عن Lass وآخرين ١٩٩٣).

٣- فضّل بعض الباحثين ضرب الوحدات الحرارية المتجمعة يوميًّا فى طول الفترة الضوئية، وكان هذا النظام مناسبًا لكل من الخس والبسلة.

بديل مبسط لنظام الوحدات الحرارية

فى غياب البيانات اللازمة عن الاحتياجات الحرارية للمحصول وسجلات الأرصاد الجوية للمنطقة، فإنه يمكن عمل تخطيط أولى لمواعيد الزراعات المتتابعة؛ وذلك بتكرار الزراعة عندما تصل نباتات الزراعة السابقة إلى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى. ويكون ذلك — عادة — فى غضون أسبوع من الإنبات وظهور البادرات فوق سطح التربة. ويوضح جدول (١٢-٥) عدد الأيام من الزراعة للإنبات فى محاصيل الخضر المختلفة فى الظروف المناسبة للإنبات.

جدول (١٢-٥): عدد الأيام من الزراعة إلى الإنبات فى محاصيل الخضر المختلفة تحت الظروف المناسبة للإنبات

المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات	المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات
الأسبرجس	١٥	القاوون	٧
الفاصوليا العادية	٦	المسترد	٩
فاصوليا الليما	٧	البامية	١٠
البنجر	٩	البصل	١٠
البروكولى	١٠	البقدونس	٢١
كرنب بروكسل	١٠	الجزر الأبيض	١٨

تابع جدول (١٢-٥).

المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات	المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات
الكرنب	١٠	البسلة	٨
الكرنب الصينى	٩	الفلفل	١٠
الجزر	٨	القرع العسلى	١٠
القنبيط	١٠	الفجل	٦
الشيكوريا	١٢	الروبارب	١٠
الكولارد	١٠	الروتاباجا	٩
السيلارياك	٢١	السبانخ	٨
الكرفس	٢١	قرع الكوسة	٧
الخيار	٧	قرع الشتاء	٩
الباذنجان	١٠	الذرة السكرية	٧
الهندباء	١٠	الطماطم	٨
الكيل	١٠	اللفت	٧
كرنب أبو ركبة	١٢	البطيخ	٨
الخس	٧		

ولمزيد من التفاصيل حول التخطيط لزراعات الخضر المتتابعة والتنبؤ بمواعيد حصادها .. يراجع Wurr وآخرين (٢٠٠٢).

الفصل الثالث عشر

وسائل حماية الزراعات الحقلية من الظروف الجوية غير المناسبة

تتعرض نباتات الخضر أثناء نموها لعديد من الظروف الجوية التى لا تناسبها؛ فتؤثر على المحصول كمًا ونوعًا، وقد تؤدى إلى موت النباتات. ومن هذه الظروف ما يلى:

١- درجة حرارة التجمد (الصقيع).

٢- درجة الحرارة المنخفضة (الأعلى من درجة حرارة التجمد).

٣- درجات الحرارة المرتفعة.

٤- الرياح سواء أكانت باردة، أم حارة جافة، أم محملة بالرمال والأتربة.

٥- الأمطار (تؤدى رخّات المطر — على سبيل المثال — إلى زيادة فرصة إصابة ثمار الطماطم بالتشقق).

٦- أشعة الشمس القوية.

٧- البَرَد.

هذا .. وتتعدد الوسائل المتبعة فى حماية نباتات الخضر من الظروف الجوية غير المناسبة، وتستخدم كل منها فى ظروف معينة للحماية من عوامل جوية معينة. ولا توجد وسيلة واحدة يمكن بها حماية نباتات الخضر من جميع العوامل الجوية غير المناسبة سوى الزراعات المحمية فى الصوبات الزجاجية أو البلاستيكية المزودة بوسائل التبريد والتدفئة.

ونقدم — فيما يلى — عرضًا لأهم الطريق المستخدمة فى حماية نباتات الخضر من الظروف الجوية غير المناسبة.

اختيار الموقع المناسب والطريقة المناسبة للزراعة

من المنطقى أن نفكر أولاً فى موقع الزراعة، وهل يناسب إنتاج الخضر المزمع زراعتها

أم لا يناسبها .. فيجب أن نكيف البرنامج الإنتاجى من حيث اختيار موقع الزراعة ومحاصيل الخضر المنتجة بما يتناسب والظروف البيئية السائدة بالموقع كالتالى:

١- فى المناطق الجبلية تفضل الزراعة فى المنحدرات الجنوبية والجنوبية الشرقية؛ حيث يصل إليها الدفء مبكرًا فى الربيع، بالمقارنة بالمنحدرات الشمالية، أو الشمالية الغربية.

٢- كذلك تفضل زراعة الخضر الصيفية شتاءً فى الميول الجنوبية والجنوبية الشرقية لخطوط الزراعة لنفس السبب. لكن يلاحظ أن الزراعة المتأخرة شتاءً بهذه الطريقة فى محصول كالخس تؤدى إلى زيادة نسبة الإزهار المبكر فى نباتات الريشة (ميل الخط) الجنوبية. عنه فى نباتات الريشة الشمالية.

٣- إقامة الخنادق، والزراعة على المنحدر الجنوبى كما يتبع فى زراعة البطيخ البعلى فى بعض المناطق.

٤- زراعة الخضر الحساسة للصقيع قريبًا من البحيرات والبحار والمحيطات. وترجع الحماية من الصقيع فى هذه المناطق إلى ارتفاع الحرارة النوعية للماء، بالمقارنة بالتربة؛ حيث يكتسب الماء الحرارة ويفقدها ببطء. كما تصل الحرارة فى الماء إلى أعماق أكبر من تلك الأعماق التى تصل إليها الحرارة فى التربة. كما تؤدى حركة الماء إلى زيادة انتقال الحرارة فيه؛ وعليه .. تصبح كميات الماء الضخمة المجاورة لمزارع الخضر بمثابة مخازن ضخمة للحرارة فى الخريف، وللبرودة فى الربيع؛ مما يتسبب فى تلطيف درجة حرارة الجو (عن Janick ١٩٧٩).

زراعة الأسوجة حول مزارع الخضر

تقام الأسوجة – أساسًا – بغرض منع دخول الحيوانات والأفراد غير المرغوب فيهم إلى المزرعة. ويمكن أن يتحقق هذا الغرض بسياج من القوائم الحديدية والأسلاك الشائكة، ولكن زراعة نباتات شائكة – خاصة حول مزارع الخضر الصغيرة – يمكن أن يوفر هذا النوع من الحماية، بالإضافة إلى حماية الخضر المزروعة من الرياح.

وتفضل الأسوجة على مصدات الرياح فى مزارع الخضر الصغيرة؛ لأنها تعمل كأسوجة ومصدات رياح فى آن واحد. فنموها يكون كثيفًا، ويكون نمو الخضر قريبًا من سطح الأرض؛ فلا يحتاج الأمر إلى أشجار عالية للوقاية من الرياح. وتزيد المساحة الصغيرة للمزرعة من كفاءة عمل الأسوجة، بينما لا تصلح مصدات الرياح فى مزارع الخضر الصغيرة؛ لأن وجودها يتطلب ترك حزام بعرض ٨-١٠م حول المزرعة بدون زراعة.

ومن أكثر النباتات استخدامًا كأسوجة ما يلى:

١- الهيماتوكسيلون *Haematoxylon Campechianum*، أو البقم.

٢- السيزالبينيا *Ceasalpinia sepiaria*، أو السنط الإفرنجى.

٣- دايكروستاكس نيوتانز *Dickrostachys nutans*.

٤- إنجا دولسيس *Inga dulcis*.

٥- أبريا كافرا *Aberia kaffra*.

٦- ورد الشبيط *Rosa bractiata* (يتكاثر بالعقلة).

٧- التين الشوكى (يتكاثر بالألواح).

تتكاثر الأنواع الخمسة الأولى بالبذور، التى يفضل زراعتها خلال شهر مارس. تكون الزراعة فى أكياس بلاستيكية مثقبة بمعدل ٤-٥ بذور لكل كيس بلاستيكى على أن تخف على نبات واحد بعد الإنبات. وتغرس الشتلات فى المكان المستديم بعد أن يبلغ طولها حوالى ٥٠ سم، ويكون غرس النباتات على مسافة ٣٠-٥٠ سم من بعضها.

يتم قطع النموات القمية للنباتات بعد أن تصل إلى الارتفاع المطلوب؛ بهدف تحفيز النمو الجانبى؛ حتى تتداخل الشجيرات وتتشابك أفرعها. ويعمل التقليم السنوى للشجيرات على زيادة تداخلها وتشابكها.

إقامة مصدات الرياح

تقام مصدات الرياح فى الجهتين الشمالية والغربية من مزرعة الخضر بهدف الحماية من الرياح، سواء أكانت باردة، أم حارة جافة، أم محملة بالرمال والأتربة.

وفى المزارع الكبيرة تفضل زراعة الأشجار الخشبية كمصدات للرياح.

ومن أهم الأشجار التى تستخدم لهذا الغرض ما يلى:

١- الكازوارينا *Casuarina* spp.

٢- الأثل (العبل) *Tamarix articulate*.

٣- الكافور بأنواعه *Eucalyptus* spp.

٤- السرو *Oupressus* spp.

٥- الميلالوكا *Melaluca orififolia*.

ومن أهم الشروط التى يجب توافرها فى أشجار مصدات الرياح ما يلى:

١- أن تكون مستديمة الخضرة، كثيرة التفريع.

٢- أن تكون سريعة النمو، تنمو لارتفاعات كبيرة.

٣- أن يكون خشبها متينًا يتحمل الرياح الشديدة.

٤- ألا تكون مصدرًا للإصابات المرضية والحشرية.

تزرع بذور مصدات الرياح فى الربيع فى أوعية مناسبة، ثم تفرّد فى أصص صغيرة إلى متوسطة الحجم (نمرة ١٠)، تبقى بها لمدة ٦-٨ شهور، إلى أن تنقل إلى المكان المستديم.

يكون غرس الأشجار فى الجهتين الشمالية والغربية، فى صف واحدٍ أو صفين حسب شدة الرياح التى تتعرض لها المنطقة. وتكون الزراعة على مسافة ١,٥-٢م بين النباتات فى الصف الواحد، و ٢-٣م بين الصفين. وتترك - عادة - مسافة ٨-١٠ أمتار بين صف الأشجار الداخلى وبداية زراعات الخضر (عن عبدالعال ١٩٧٧).

وإلى جانب مصدات الرياح من الأشجار فى المزارع الكبيرة، فإن المزارع الصغيرة يمكن أن تزرع فيها مصدات رياح من نباتات أقل ارتفاعًا، ولكنها تنمو إلى مستوى أعلى من مستوى الخضر. وأكثر النباتات استعمالاً لهذا الغرض عباد الشمس. كما يمكن استخدام الشعير، والفول الرومى، والذرة، والسيسبان. وفى جميع الحالات يجب توقيت زراعة

المحصول ونباتات مصدات الرياح؛ بحيث يكون النبات المستخدم كمصد للرياح قد نما إلى ارتفاع مناسب أعلى من مستوى الخضر قبل حلول الجو البارد.

كذلك يمكن "التزريب" بحطب الذرة كل خطين، أو بحصر البوص كل ٤–٥ خطوط. ويحتاج التزريب الجيد للفدان الواحد بحطب الذرة إلى نحو ٤٠ عاملاً؛ وهى عملية مكلفة، لكنها تفيد فى حماية النباتات بصورة جيدة فى الجو البارد.

وقد وجد أن توفير مصدات للرياح أدى إلى زيادة محصول قرون الفاصوليا الخضراء فى كل من بداية موسم الزراعة ونهايته (Hodges وآخرون ٢٠٠٤).

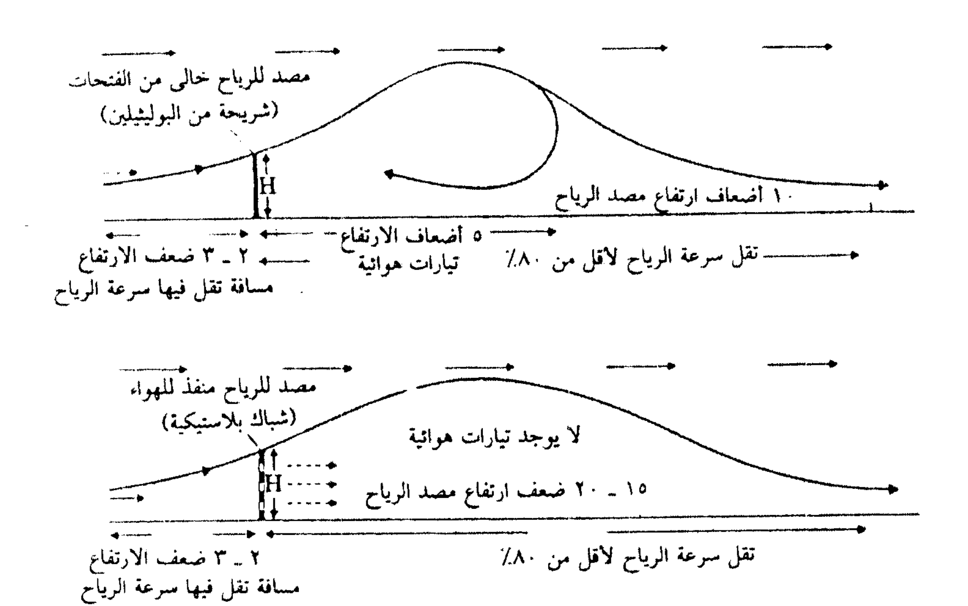
واتجهت بعض الشركات إلى إنتاج شباك بلاستيكية خاصة؛ وذلك لاستخدامها كمصدات للرياح فى المزارع الصغيرة بغرض خفض سرعة الهواء، وليس وقف الرياح تمامًا، لأن الشباك البلاستيكية الخالية تمامًا من المسام تحدث تيارات هوائية خلفها؛ الأمر الذى يتسبب فى بعض الأضرار. ولهذا السبب يفضل استخدام شباك منفذة للهواء بنسبة ٥٠٪ (شكل ١٣–١). تثبت الشباك فى خطوط متوازية تبعد عن بعضها البعض بنحو عشرة أضعاف ارتفاعها. كما تجب مراعاة نسبة ١٢ : ١ على الأقل بين طول خط الشباك وارتفاعها لزيادة كفاءتها.

وتتميز بعض أنواع الشباك بأنها معاملة بمواد تزيد من مقاومتها للأشعة فوق البنفسجية، وتزيد فترة استخدامها إلى ٥ سنوات على الأقل. ومن الطبيعى أن شباك البوليثيلين تفيد فى الحالات التى لا تتوفر فيها مصدات الرياح النباتية، كما أنها لا تنافس النبات على الماء أو الغذاء (كتالوج شركة Tildent).

"التزريب" كوسيلة لحماية المشاتل من البرودة والحرارة

يعتبر "التزريب" من الوسائل التقليدية الشائعة لحماية المشاتل من البرودة والحرارة.

وللحماية من البرودة يثبت "زَرْب" من الناحيتين الشمالية والغربية بارتفاع ٢م حول المشتل، ثم تُقَام زُرُب مائلة أقل ارتفاعًا على بتون الأحواض.



شكل (١٣-١): تأثير مصدات الرياح المنفذة للهواء وغير المنفذة للهواء على تحركات الهواء (عن George ١٩٨٥).

وللحماية من الحرارة المرتفعة فى الأشهر الحارة تثبت "زُرُب" مائلة من الناحيتين الجنوبية والشرقية على بتون الأحواض، أو يغطى المشتل بحصر البردى التى تقام على ارتفاع ٧٠-١٠٠ سم من الأرض، على أن تزال الحصر قبل الشتل بنحو ١٠-١٢ يومًا (الإدارة العامة للتدريب — وزارة الزراعة، ١٩٧٣).

وقد يستعمل جريد النخيل على جانبى الأحواض من الجهتين الشرقية والغربية.

استخدام وسائل التدفئة الصناعية للحماية من الصقيع فى الحقول المكشوفة

يشترط لنجاح التدفئة فى الحقول المكشوفة أن تكون التنبؤات الجوية دقيقة. ومن الطرق المتبعة (وتستخدم أساسًا فى بساتين الفاكهة) ما يلى:

١- استعمال المدفئات الغازية.

٢- إشعال شموع خاصة تصنع من الشمع البترولى، ويبلغ قطرها نحو ٢٠ سم تحترق الشمعة الواحدة فى خلال ثمانى ساعات، وتكفى شمعتان اسفل شجرة موالح لرفع درجة الحرارة حول الشجرة بنحو ٤ درجات مئوية.

وسائل خدمة خاصة للحماية من الصقيع فى الحقول المكشوفة

من وسائل الخدمة الخاصة التى تستخدم للوقاية من الصقيع ما يلى:

١- يفيد رى الحقل قبل الصقيع مباشرة فى حماية النباتات من الصقيع الخفيف.

٢- يفيد إطلاق الدخان حول النباتات بواسطة مدخنات خاصة فى تقليل فقد الحرارة من الأرض بالإشعاع، وبقائها حول النباتات، بدلاً من تسربها إلى الجو الخارجى (Yamaguchi ١٩٨٣).

٣- فى حالة نزوح هواء بارد إلى الحقل وبقائه حول النباتات، يمكن خلطه بهواء دافئ من أعلى؛ بواسطة مراوح كبيرة تثبت على أعمدة مرتفعة فى أماكن متفرقة فى الحقول التى تتعرض لمثل هذه الأنواع من التحركات الهوائية، والتى تكون — عادة — قريبة من المنحدرات الجبلية (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

الوقاية من الحرارة المنخفضة باستعمال الأغطية النباتية الحامية

أغطية النباتات الحامية plant protectors عبارة عن أغطية خاصة تصنع من الورق، وتوضع فوق النباتات وهى صغيرة لحمايتها من الرياح الباردة وسفى الرمال، كما تؤدى إلى رفع درجة الحرارة قليلاً تحت الغطاء؛ الأمر الذى يعمل على حمايتها من الصقيع الخفيف. ويساعد استعمالها على زيادة المحصول المبكر فى الخضروات؛ بسبب زراعتها مبكرة عن موعدها الطبيعى.

وتوجد أنواع مختلفة من أغطية حماية النباتات. ففى ولاية فلوريدا الأمريكية يستعمل مزارعو الخيار آنية على شكل حرف V توضع حول بادرات الخيار لحمايتها من الرياح. ويوجد ما يسمى بـ "الخيمة الحارة hot tent" التى تستخدم بكثرة فى مزارع

القاوون؛ حيث توضع فوق الشتلات عقب الشتل مباشرة فى الجو البارد. وتبدأ التهوية فى الحال بعمل قطع طوله ٣-٥ سم قرب سطح الأرض من الجانب الذى لا يواجه الرياح. وبعد أن يصل طول النبات إلى قمة الخيمة يُمَزّق الغطاء؛ بحيث تتعرض النباتات لأشعة الشمس، وتترك الخيمة حول النباتات إلى أن يشتد نموها. ولعملية التهوية هذه أهمية كبيرة؛ حيث يجب أن يزداد الشق الذى يتم عمله فى الغطاء بصورة تدريجية مع زيادة النبات فى الحجم؛ لأن ذلك يمنع تراكم الرطوبة، ولا يعطى فرصة لأن تصبح النباتات رهيفة.

ومن مساوئ استعمال الأغطية النباتية الحامية احتمال تعرض النباتات للضرر عندما تأتى فترة من الجو البارد بعد فترة من الجو الدافئ نسبيًّا. ففى فترة الدفء النسبى قد تصبح النباتات رهيفة وأكثر حساسية للبرودة، بينما تصبح النباتات غير المغطاة مؤقلمة جيدًا قبل حلول الموجة الباردة (Sheldrake & Oyer ١٩٦٨).

ويستدل من الدراسات الأولى — التى أجريت على استعمال الأغطية النباتية الحامية — على أن الأغطية المصنوعة من الورق المطلى بالشمع wax paper وفّرت حماية أكبر من الصقيع عن أغطية البلاستيك الجامد rigid plastic، ولم يتأثر محصول القاوون أو موعد نضجه عند استعمال أى من الغطاءين.

من الأغطية النباتية الحامية الحديثة غطاء يحتوى على مجموعة من الأنابيب الدقيقة المملوءة بالماء. ترتفع حرارة هذا الماء بالطاقة الشمسية التى يكتسبها نهارًا، ثم تنطلق منه ليلاً لتدفئ الهواء المحيط بالنبات تحت الغطاء.

كذلك تستخدم أوان بلاستيكية معتمة على نطاق واسع كأغطية نباتية الحامية.

وقد قارن Welbaum (١٩٩٣) ثلاثة أنواع من أغطية النباتات hotcaps؛ هى أوان بلاستيكية معتمة سعة ٣,٨ لترًا، وأغطية من الورق المطلى بالشمع بارتفاع ٢٤ سنتيمترًا، وأغطية تحتوى على أنابيب دقيقة مملوءة بالماء؛ قارن الباحث بينها من حيث تأثيرها فى نمو نباتات طماطم فى عمر ٤ أسابيع، ومدى نفاذيتها للضوء. وقد وجد أنها تنفّذ

٥٧,٣٪، و ٦٧,٦٪، و ٢٨,٩٪ - على التوالى - من الإشعاع الشمسى الكلى وقت الظهيرة، كما تنفّذ ٤٤,٧٪، و ٤٩,٧٪، و ٤٣,٨٪ - على التوالى - من الأشعة النشطة فى عملية البناء الضوئى وقت الظهيرة.

وقد أدت الأنواع المختلفة من أغطية النبات إلى رفع رجة حرارة التربة والهواء تحت الغطاء عنها خارجه. وكانت الأغطية المحتوية على أنابيب مملؤة بالماء أكثرها كفاءة فى رفع درجة الحرارة ليلاً؛ حيث ارتفعت حرارة التربة والهواء تحت الغطاء بمقدار درجتين مئويتين مقارنة بالحرارة خارج الغطاء. وأدى استعمال هذا الغطاء - مقارنة بمعاملة الشاهد - إلى تبكير نضج الثمرة الأولى بمقدار ١٠,٧ يومًا، مقارنة بالتبكير بمقدار ٦,٧ يومًا عند استعمال الغطاء الورقى، بينما تأخر نضج الثمرة الأولى بمقدار ٥ أيام عند استعمال الآنية البلاستيكية، التى لم تصلح كغطاء نباتى، ولم تكن مؤثرة فى رفع درجة الحرارة ليلاً.

وكانت النباتات أضعف نموًا، وأقل محصولاً فى العنقود الأول تحت جميع الأغطية التى استخدمت فى هذه الدراسة.

الرش بالماء للحماية من أضرار الصقيع

يؤدى رش النباتات برذاذ خفيف من الماء عندما تكون درجة الحرارة قريبة من درجة التجمد إلى توفير بعض التدفئة للنباتات؛ لأن تجمد الماء يصاحبه انطلاق ٨٠ سُعْرًا حراريًا لكل جرام من الماء المتجمد. ويكفى ذلك لحماية النباتات من أضرار الصقيع الخفيف.

ولضمان فاعلية هذه الطريقة يجب أن تتحقق الشروط التالية:

١- أن يبدأ الرش بمجرد وصول درجة الحرارة إلى الصفر المئوى، أو أعلى من ذلك بقليل.

٢- أن يستمر الرش لحين ذوبان كل الثلج المتجمد على الأسطح النباتية.

٣- أن تقوم الرشاشات بعمل دورة كاملة - على الأقل - فى الدقيقة.

٤– أن يكون الرش كافيًا لتغطية كل الأسطح النباتية، ولكن بأقل قدر ممكن من ماء الرش؛ حتى لا تنكسر الأوراق والأفرع النباتية تحت ثقل الثلج المتكون.

٥– أن يكون الرش تحت ضغط ٣–٤ كجم/سم^{٢}؛ لكى يكون فى صورة نقاط صغيرة جدًا.

٦– أن يكون الرى بمعدل ٢,٥ مم/ساعة للحماية من الصقيع الناشئ عن الإشعاع. أما الصقيع الذى تحمله الرياح wind-borne، فيلزم للحماية منه أن يكون معدل الرى بالرش $^{١}/_{٢}$–١ سم/ساعة. وعندما تزيد سرعة الرياح عن ١٧ كم/ساعة، فإن الرى بالرش لا يفيد فى تجنب أضرار الصقيع؛ بسبب زيادة التبريد الناشئ عن تبخر الماء فى هذه الظروف (Pillsbury ١٩٦٨، Minges وآخرون ١٩٧١).

هذا .. ويفيد أيضًا تزويد النظام بغلاية لتسخين الماء قبل إدخاله فى أنابيب الرش.

وقد استخدمت طريقة الرش هذه — بنجاح — فى حماية الفراولة وبعض محاصيل الخضر من الصقيع، وكذلك فى حماية مشاتل الموالح وبساتينها الجديدة ذات الأشجار الصغيرة من أضرار الحرارة المنخفضة فى ولاية فلوريدا الأمريكية. وتستخدم لذلك رشاشات صغيرة خاصة تسمى "microsprinklers" تقوم برش الماء على هيئة رذاذ بمعدل ٩ مم/ساعة. ويجب الحرص عند اتباع هذه الطريقة مع الأشجار الكبيرة؛ لأن كمية الثلج التى يمكن أن تتجمد عليها قد تكون أكبر من مقدرة الأفرع على التحمل. وتتميز الموالح — وهى مستديمة الخضرة — عن النباتات المتساقطة الأوراق بأن نمواتها الخضرية تساعد على احتجاز الحرارة المنطلقة نتيجة لتجمد الثلج؛ حيث تبقى تحت الشجرة (Parsons وآخرون ١٩٨٦).

وقد أصبحت الرشاشات الصغيرة microsprinklers تستعمل على نطاق واسع لأجل حماية النباتات البستانية من أضرار الصقيع، إلى جانب استعمالها فى الرى. يتراوح ما تُصَرِّفُه هذه الرشاشات — عادة — بين ٢٠ لترًا و ١٠٠ لتر/ساعة، مع تغطيتها لمساحة دائرية يتراوح قطرها بين مترين و ٧,٥ أمتار. ويفيد تشغيل هذه الرشاشات فى ظروف الصقيع — ومع سكون الهواء — فى رفع درجة حرارة الهواء بمقدار درجة واحدة إلى درجتين مئويتين (عن Parsons & Wheaton ١٩٨٧).

يتم تشغيل الرشاشات عندما تنخفض الحرارة إلى درجة واحدة مئوية — أو أعلى من ذلك — إذا كانت درجة الندى dewpoint أقل من -٣°م. ومع انخفاض الحرارة إلى ما دون الصفر المئوى يتكون الثلج؛ مما يؤدى إلى انطلاق طاقة من الماء المتجمد، وفى الوقت نفسه تشع النباتات حرارة إلى الهواء المحيط بها، وتفقد حرارة أخرى نتيجة للنتح وتبخر الماء من على أسطحها. ويجب أن تزيد الطاقة المنطلقة الناتجة عند تكوين الثلج عن مجموع الطاقة المفقودة من النباتات بالإشعاع ونتيجة لتبخر الماء منها؛ ويعنى ذلك ضرورة زيادة كمية الماء التى يجب رشها كلما ازداد انخفاض درجة الحرارة، وكلما ازدادت سرعة الرياح؛ كما فى جدول (١٣-١).

هذا .. إلا أن الإفراط فى رش الماء لا يكون أمرًا مرغوبًا فيه، وخاصة فى الأراضى القليلة النفاذية للماء، ومن مساوئه أنه يزيد من تشققات الثمار، وفقد الأسمدة بالرشح، وتعرية التربة، مع زيادة نسبة الإصابة بأعفان الثمار.

جدول (١٣-١): معدلات الرى بالرش (سم/ساعة) المناسبة للحماية من الصقيع عند اختلاف درجة الحرارة وسرعة الرياح.

الحرارة (°م)	سرعة الرياح (متر/ثانية)					
	٠,٥	١,٠	١,٥	٢,٠	٢,٥	٣,٠
-٢	٠,١٤	٠,١٩	٠,٢٣	٠,٢٧	٠,٣٠	٠,٣٢
-٣	٠,٢١	٠,٢٩	٠,٣٥	٠,٤٠	٠,٤٤	٠,٤٨
-٤	٠,٢٩	٠,٣٩	٠,٤٧	٠,٥٣	٠,٥٩	٠,٦٤
-٥	٠,٣٦	٠,٤٩	٠,٥٨	٠,٦٧	٠,٧٤	٠,٨٠
-٦	٠,٤٣	٠,٥٨	٠,٧٠	٠,٨٠	٠,٨٩	٠,٩٧
-٧	٠,٥٠	٠,٦٨	٠,٨٢	٠,٩٣	١,٠٣	١,١٣
-٨	٠,٥٧	٠,٧٨	٠,٩٣	١,٠٧	١,١٨	١,٢٩

وفى معظم الحالات يكفى رش الماء بمعدل ٠,٣ سم/ساعة للحماية من برودة تصل إلى ٤ درجات مئوية تحت الصفر فى الهواء الساكن، تزيد إلى سنتيمتر واحد من

الماء/ساعة؛ للحماية من برودة تصل إلى ٦ درجات مئوية تحت الصفر فى هواء تصل سرعته إلى ٢,٥-٣,٠ أمتار فى الثانية.

ومع ارتفاع درجة الحرارة يجب استمرار الرى إلى أن تزيد درجة الندى عن درجة التجمد. وإذا أوقف رش الماء مبكرًا عن ذلك فإن الفقد الحرارى الناشئ عن تبخر الماء يؤدى إلى خفض درجة حرارة الأنسجة النباتية؛ مما يؤدى إلى تجمدها.

لقد أفاد رش الماء بهذه الطريقة فى حماية نباتات الطماطم والفلفل الصغيرة من الصقيع، وكذلك حماية نباتات الكرفس، والبطاطس، والخرشوف، وغيرها. كما أفاد رش الماء فى حماية نباتات الطماطم والفلفل المثمرة من أضرار الصقيع، إلا أن الثمار تعرضت لأضرار البرودة من جراء انخفاض درجة الحرارة. كذلك كان الرش بالماء على درجة عالية من الكفاءة فى حماية نباتات الفراولة من أضرار الصقيع (Hochmuth وآخرون ١٩٩٣).

استخدام الرغوة فى حماية الخضر من الصقيع

يمكن حماية نباتات الخضر من الصقيع باستخدام رغوة foam خاصة عبارة عن خليط من مادة بروتينية كالجيلاتين، ومادة ناشرة وأخرى مثبتة stabilizer. تتم المعاملة فى اليوم السابق لتوقع الصقيع؛ حيث تغطى النباتات تمامًا بغطاء من الرغوة (شكل ١٣-٢؛ يوجد فى آخر الكتاب). يختفى الغطاء فى خلال ساعات قليلة من ظهور ضوء الشمس فى اليوم التالى، ولكن يبقى حتى بعد الظهر فى الجو الملبد بالغيوم. كما تتوقف مدة بقاء الرغوة على نسبة الجيلاتين فى المخلوط؛ فهى تكون حوالى ٤-٦ ساعات عندما تكون نسبته ٠,٥٪ بالحجم، ونحو ١٠-١٦ ساعة عندما تكون نسبته ١,٥٪ بالحجم. ومن المركبات المستخدمة تجاريًّا — كرغوة — المادة التى تباع تجاريًّا تحت اسم "أجريفوم" Agrifoam.

وطريقة تكوين الرغوة بسيطة للغاية؛ حيث يدفع الهواء المضغوط من خلال مادة مسامية كالإسفنج؛ مما يؤدى إلى تكوين فقاقيع صغيرة بالحجم المناسب. تحاط هذه

الفقاقيع فى الحال بغشاء رقيق من المركب المكون للرغوة، والذى يكون ملامسًا للإسفنج. ومع تزايد تكوين الفقاقيع، فإن بعضها يدفع بعضًا لأعلى، إلى أن تخرج من فوهة الآلة المستخدمة foamer، ثم إلى السطح النباتى (Bartholic وآخرون ١٩٧٠).

وباستخدام الرغوة لحماية نباتات القاوون خلال شهر يناير فى ولاية تكساس، أمكن رفع درجة حرارة الخندق التى تنمو فيها النباتات بمقدار ١٢°م، عنه فى الخنادق غير المعاملة بالرغوة.

وقد كانت الزراعة فى الخنادق أفضل؛ وذلك لسببين؛ هما:

١- زيادة فاعلية ومدة بقاء الرغوة.

٢- استعمال كمية أقل من الرغوة لتوفير غطاء كامل حول النباتات.

هذا .. وتعمل الرغوة على عزل النباتات عن الجو الخارجى، كما توفر لها الطاقة الحرارية التى تصل إليها من التربة (Heilman وآخرون ١٩٧٠).

إنتاج الشتلات فى المراقد المدفأة والمراقد الباردة لحمايتها من الصقيع

المراقد المدفأة Hotbeds عبارة عن منشآت خاصة تزود بوسائل التدفئة، وتستخدم فى إنتاج الشتلات المبكرة فى الجو الشديد البرودة الذى قد تنخفض فيه درجة الحرارة إلى أقل من درجة التجمد. وعندما لا تكون هذه المراقد مزودة بوسائل التدفئة، فإنها تسمى "المراقد الباردة" Cold frames.

وعند اختيار موقع المراقد تجب مراعاة الجوانب التالية:

١- أن تكون قريبة من مبانى المزرعة؛ حتى تسهل العناية بها.

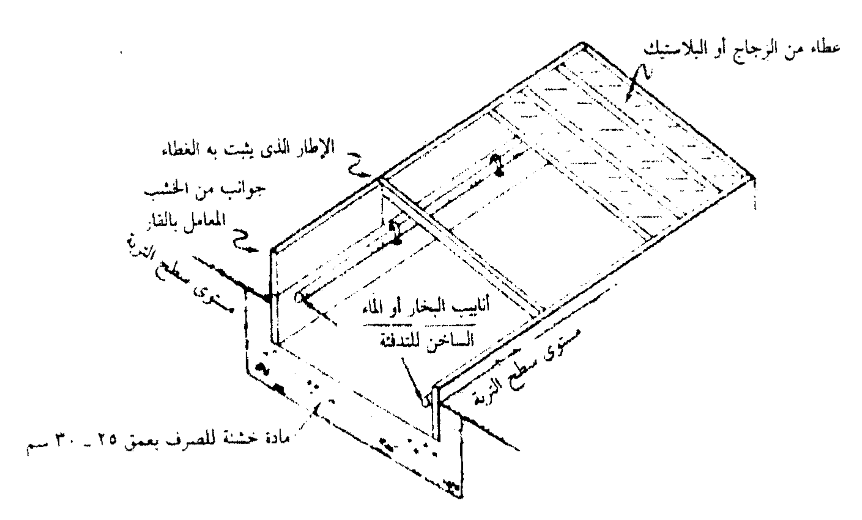
٢- أن تكون قريبة من مصدر مياه الرى.

٣- أن تقام بجوار مبنى، أو خلف أحد خطوط مصدات الرياح؛ حتى لا تتعرض للتيارات الباردة، على أن تكون معرضة للشمس أغلب الوقت.

٤- أن تقام فى أرض جيدة الصرف؛ حتى تسهل تدفئتها.

طريقة إنشاء المراقد

يصنع هيكل المراقد من الخشب أو الخرسانة أو الطوب، ويقام بارتفاع ٤٥-٦٠ سم فى الجانب الشمالى، وبارتفاع ٢٢,٥-٤٥ سم فى الجانب الجنوبى، ويثبت ساند خشبى بعرض المرقد كل ٩٠سم ليوضع عليه الغطاء. يركب غطاء زجاجى أو بلاستيكى فى إطارات خشبية عادة بعرض ٩٠ سم (وهو عرض المرقد) وبطول ١٨٠ سم. وقد يستعمل غطاء من القماش بدون إطارات، وهو — عادة — من الموسلين أو قماش قلاع المراكب أو الخيش (شكل ١٣-٣).



شكل (١٣-٣): المراقد المدفأة Hotbeds (عن Boodley ١٩٨١).

تدفئة المراقد

تدفأ المراقد بعدد من الطرق، هى كما يلى:

١- التدفئة بالأسمدة الحيوانية الطازجة

يجب أن تكون الأسمدة المستعملة طازجة تمامًا، حيث تخلط بالقش بنسبة ٢ : ١. يجهز مخلوط السماد والقش قبل الحاجة إليه فى المراقد بمدة ١٠-١٤ يومًا، حيث يوضع فى كومة بارتفاع ١٢٠ سم، وبعرض ١٢٠-١٥٠سم، وبأى طول، مع رشه بقليل من الماء إذا كان جافًا وقت تكويمه. وبعد ٢-٣ أيام تقلب الكومة جيدًا لضمان تجانس

التخمر والتوزيع الحرارى فى الكومة. وعند التقليب يراعى أن يصبح مركز الكومة قبل التقليب فى قمة وجوانب الكومة الجديدة بعد التقليب. ينقل السماد بعد ٢-٣ أيام أخرى إلى المراقد.

يوضع السماد أسفل مستوى المراقد فى حفرة يختلف عمقها حسب المدة اللازمة لاستمرار التدفئة؛ فهى تصل إلى عمق يتراوح بين ٦٠ و ٩٠ سم عند الحاجة إلى استمرار التدفئة مدة ٣ أشهر، بينما يكفى ٣٠-٤٥ سم عند الرغبة فى التدفئة لمدة ٣-٤ أسابيع فقط. ويجب أن تكون الحفرة المستعملة جيدة الصرف؛ لأن تراكم الرطوبة بها يوقف التخمر؛ ومن ثم لا تنطلق الحرارة من السماد.

وعند ملء الحفرة بالسماد، فإنه يوضع فى طبقات بسمك ١٢,٥-١٥ سم، ويضغط على كل طبقة جيدًا، خاصة عند الحواف. توضع أحيانًا طبقة من التربة بسمك ١٠-١٥ سم على السماد العضوى لضمان حسن توزيع الحرارة على كل المرقد، ولتجنب ظهور بقع ساخنة hot spots. ويقل سمك طبقة التراب إلى ٥ سم فى حالة الزراعة فى صناديق خشبية.

ومن الجدير بالذكر أن سرعة التحلل تكون فى السماد العضوى الدافئ الرطب أعلى منها فى السماد البارد الرطب أو الدافئ الجاف.

٢- التدفئة بالهواء الساخن

تحمل الحرارة الناتجة من احتراق الخشب أو الفحم أو الغاز أو المازوت من موقد فى أحد طرفى المرقد إلى المدخنة فى الطرف الآخر فى أنابيب. ولطول الأنابيب وحجمها أهمية كبيرة.

٣- التدفئة بالماء الساخن

توضع أنابيب لحمل الماء أسفل المرقد وعلى جوانبه. ولحجم الأنابيب ومكان الغلاية وانحدار الأرض أهمية خاصة فى هذا النوع من المراقد، وتنظم درجة الحرارة بالمنظم.

٤-التدفئة بالكهرباء

يوضع ملف مقاومة يغطى بالرصاص على سطح التربة، وأسفلها، أوعلى طول الجدر الداخلية للهيكل.

المراقد الباردة واستعمالها

المراقد الباردة هى عبارة عن مراقد عادية، ولكنها لا تجهز بوسائل التدفئة. وتتم فيها حماية النباتات من الحرارة المنخفضة؛ وذلك بتغطيتها بالغطاء المناسب. والحرارة التى تصل إليها تستمد — أساسًا — من الإشعاع الشمسى؛ لذلك يجب رفع الغطاء عند دفئ الجو فى الصباح حتى حوالى الساعة الثالثة بعد الظهر؛ حيث يعاد الغطاء قبل برودة الجو لحفظ حرارة الأحواض لأطول فترة ممكنة.

تستعمل المراقد الباردة فى الأغراض التالية:

١- إنتاج الشتلات المبكرة فى الربيع، خاصة فى المناطق التى لا يكون شتاؤها قارس البرودة.

٢- أقلمة الشتلات التى تكون قد أنتجت فى الصوبات، أو فى المراقد المدفأة.

خدمة المراقد المدفأة والباردة

من أهم عمليات الخدمة فى المراقد ما يلى:

١- الرى:

يكون الرى فى الصباح؛ حتى يمكن أن يجف الرذاذ قبل المساء، ويفضل الرى برشاشة تركب فى نهاية خرطوم. وتجب زيادة معدلات الرى فى الجانب المرتفع للمرقد؛ الذى يكون — عادة — أدفأ من الجانب المنخفض.

٢- التهوية:

وهى عملية ضرورية، خاصة بعد الرى وأثناء الجو البارد؛ لمنع تراكم الرطوبة تحت الغطاء، كما أنها ضرورية — أيضًا — عند ارتفاع درجة الحرارة داخل المرقد.

هذا .. وتجهز المراقد المدفأة والباردة الحديثة بوسائل أوتوماتيكية للتهوية تُدار

كهربائيًا، وللرى بالرذاذ (Banadyga & Wells ١٩٦٢، و Edmond وآخرون ١٩٧٥).

إنتاج الشتلات تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة لحمايتها من البرودة

يمكن استخدام الأنفاق البلاستيكية المنخفضة low plastic tunnels فى إنتاج شتلات العروة الصيفية المبكرة أثناء الجو البارد خلال شهرى ديسمبر ويناير.

تقام أحواض الشتلة بعرض ٩٠ سم، وطول ٣-٤م؛ بحيث يكون الطول مع اتجاه الرياح. تزرع الأحواض بالطريقة العادية، وتروى ريًّا غزيرًا، ثم تقام الأنفاق البلاستيكية فى نفس اليوم. يُشَدُّ البلاستيك على أقواس سلكية مجلفنة قطرها ٤ مم، تثبت فى التربة كل ١,٥م. تثبت جوانب النفق ونهاياته جيدًا بدفن البلاستيك فى التربة. (تراجع طريقة إنشاء الأنفاق بالتفصيل فى الموضوع التالى).

تبدأ تهوية الأنفاق بعد إنبات البذور، ويكون ذلك — عادة — بعد نحو ٣ أسابيع فى الجو البارد. تجرى التهوية فى الأيام الدافئة بفتح نهايات الأنفاق وقت الظهيرة. ومع تقدم الشتلة فى العمر تزداد فترات التهوية مع رفع الغطاء من الجوانب — تدريجيًا — فى الأيام الدافئة. يراعى رفع الغطاء كلية قبل الشتاء بنحو ١٠-١٢ يومًا.

وفى الأراضى الثقيلة لا يحتاج المشتل سوى إلى رية الزراعة. وقد تلزم رية واحدة أخرى على الأكثر.

استعمال الأنفاق المنخفضة فى حماية نباتات الخضر من البرودة

الأنفاق البلاستيكية

يفيد استخدام الأنفاق البلاستيكية المنخفضة low plastic tunnels فى إنتاج محصول مبكر من الخضر، إما بإنتاج شتلات العروة الصيفية المبكرة أثناء الجو البارد خلال شهرى ديسمبر ويناير كما أسلفنا، وإما بإنتاج المحصول ذاته بتغطية النباتات

بالبلاستيك ابتداء من شهر نوفمبر إلى أن يتحسن الجو فى بداية الربيع. وهى تناسب الإنتاج المبكر لمحاصيل الطماطم، والفلفل، والباذنجان، والخيار، والقاوون، والبامية، والملوخية، كما تستخدم فى إنتاج الفراولة.

تنتشر الزراعة تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى محافظتى: شمال سيناء، والإسماعيلية، وبالأراضى الصحراوية المستصلحة بين القاهرة والإسكندرية، وبدرجة أقل فى بعض المحافظات الأخرى.

وتبدأ الزراعة تحت الأنفاق البلاستيكية اعتبارًا من منتصف أكتوبر على النحو التالى:

١- الطماطم: من منتصف أكتوبر إلى آخر ديسمبر، وتزرع بالشتلات.

٢- القاوون: من أول ديسمبر إلى منتصف يناير، ويزرع بالبذور أو بالشتلات.

٣- الفلفل: من أول ديسمبر إلى آخر يناير، ويزرع بالشتلات.

٤- الخيار: من منتصف يناير إلى آخره، ويزرع بالبذور أو الشتلات.

٥- الفاصوليا: من منتصف يناير إلى آخره، وتزرع بالبذور (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣).

يتكون هيكل النفق الذى تنمو تحته النباتات من أقواس تثبت فوق مصاطب الزراعة. ويستند عليها البلاستيك.

أنواع الأقواس التى يستند عليها البلاستيك

تثبت الأنفاق حول أقواس خاصة. وتختلف المواد المستعملة فى عمل الأقواس حسب الغرض الذى ستستعمل من أجله الأنفاق، فقد تصنع من الأسلاك المجلفنة قطر ٤ مم، أو من أنابيب المياه، أو حديد البناء، أو من سعف النخيل. ويختلف أيضًا حجم القوس حسب الغرض من الزراعة وحجم النباتات.

١- الأقواس المصنوعة من الأنابيب المجلفنة:

يتراوح قطر قوس الأنابيب المجلفنة بين ١٨٠ و ٢٠٠ سم، بينما يبلغ قطر الأنبوب

من الداخل ½ بوصة. ويمكن عمل الأقواس بسهولة بثنى أنابيب بطول ٣م حول قالب خاص قطره ١٨٠ أو ٢٠٠ سم حسب الحاجة. يجهز القالب بدق أنابيب أو قضبان حديدية بطول ٧٥-٩٠ سم فى أرض صلبة على أبعاد ٣٠ سم من بعضها البعض؛ على شكل نصف دائرة بالقطر المرغوب. وبعد تحضير الأقواس تعمل فيها فتحات بقطر ٣ مم على بعد ١٥ سم من طرفى كل أنبوب، وكذلك فى وسط القوس. تثبت هذه الأقواس على بعد ٤ أمتار من بعضها البعض فوق خطوط الزراعة.

٢- الأقواس المصنوعة من قضبان حديد البناء:

يستخدم فى عمل الأقواس المصنوعة من قضبان حديد البناء حديد تسليح قُطْرُه ٨ مم، أو ١٠ مم، وطوله ٣,٦٥م. يقوس الحديد على قالب قطره ٢م. يزود كل قوس بحلقات أو خطافات قصيرة قطر الحلقة منها ٨ سم من نفس مادة القضبان، وتلحم فيها على بعد ٢٥-٣٠ سم من طرفى القوس. وفائدتها هى منع القوس من النزول فى التربة أكثر من اللازم، وربط الخيوط فوق البلاستيك لمنعه من التحرك من مكانه فى حالة هبوب رياح قوية. هذا .. ويلزم طلى الحديد قبل الاستعمال لمنع الصدأ.

٣- الأقواس المصنوعة من الأسلاك المجلفنة:

يستخدم فى عمل الأقواس سلك مجلفن قطره ٤-٥ مم يُشكل على هيئة نصف دائرة بالقطر المرغوب.

مواصفات الغطاء البلاستيكى والأنفاق

يتراوح السمك المفضل لأغطية الأنفاق البلاستيكية المنخفضة بين ٥٠ و ٨٠ ميكرونًا للاقتصاد فى التكاليف، وخاصة أنه يستعمل لموسم زراعى واحد. ولا تؤدى زيادة سمك الغشاء المستعمل إلى توفير حماية أفضل للنبات. ويباع البوليثيلين المستعمل فى تغطية الأنفاق البلاستيكية بالوزن غالبًا على بكرات يتراوح وزنها بين ٣٠ و ٧٥ كيلو جرامًا.

ومن المفضل ألا يزيد طول النفق على ٣٠ مترًا؛ حتى لا تزداد صعوبة عملية التهوية. أما العرض، فيتوقف على المحصول المزروع، وإن كان من الممكن استعمال أنفاق صغيرة،

حتى مع المحاصيل التى تزرع على خطوط متباعدة؛ كالقرعيات، وذلك بفتح النفق من الجهة التى لا تأتى منها الرياح بعد زيادة حجم النمو النباتى عن عرض النفق.

ويوضح جدول (١٣-٢) مواصفات الأغطية البلاستيكية المستخدمة فى الأنفاق المختلفة التى تتراوح فى عرض قاعدتها بين ٤٠ و ٢٢٠ سم، ويتراوح ارتفاعها بين ٤٥ و ٨٠ سم. وتخصص الأنفاق الصغيرة فقط لإنتاج الشاتل، أو لحماية النباتات وهى صغيرة، أما الأنفاق البلاستيكية المنخفضة الكبيرة، فإن الغرض من استعمالها يكون توفير الحماية للنباتات وهى مكتملة النمو.

جدول (١٣-٢): مواصفات الأغطية البلاستيكية المستخدمة فى الأنفاق المنخفضة.

مواصفات النفق		مواصفات الغطاء البلاستيكى المستعمل	
القاعدة (سم)	الارتفاع (سم)	العرض (سم)	السمك (ميكرون)
٤٠-٥٠	٤٥	١٣٠-١٥٠	٣٨-٥٠
٨٠-٩٠	٥٥	١٨٠-٢٠٠	٣٨-٥٠
١٢٠-١٣٠	٥٥	٢٠٠	٥٠-٨٠
١٤٠-١٦٠	٥٥	٢٥٠	٨٠
١٨٠-٢٢٠	٨٠	٣٣٠	٨٠

طريقة إقامة الأنفاق

يجب تحضير الأرض للزراعة قبل إقامة الأنفاق وتجهيز الخطوط أو الأحواض اللازمة للزراعة. كما توضع خراطيم الرى بالتنقيط قبل الزراعة فى حال إجراء الرى بهذه الطريقة.

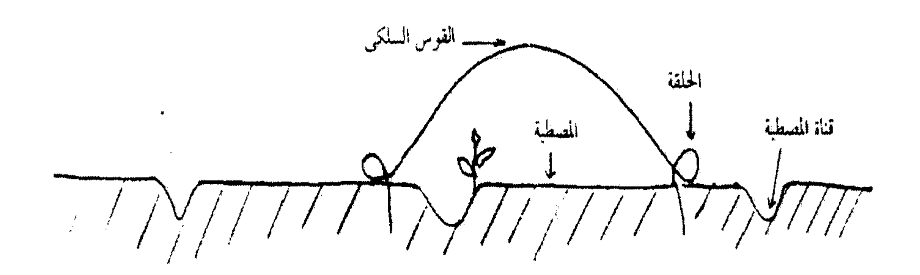
كما يجب أن يؤخذ فى الحسبان أن يكون النفق فى اتجاه الريح السائدة، خاصة الريح القوية، ويفضل أن تكون فى وضع يسمح بتعرضها لأكبر قدر من أشعة الشمس.

وعند بناء الهيكل توضع الأقواس فوق خطوط الزراعة، ويكون ذلك على بعد ٤ أمتار من بعضها البعض فى حالة استعمال أنابيب المياه المجلفنة. تربط الأنابيب بعضها

ببعض بثلاثة خطوط من سلك مقاس "كيج" ١٦. تمرر هذه الأسلاك من خلال الفتحات التى صنعت فى الأنابيب. وتربط الأسلاك الثلاثة فى نهايتى النفق على أوتاد حديدية أو خشبية.

أما الأقواس المصنوعة من قضبان حديد التسليح، فإنها توضع على بعد ٣ أمتار من بعضها البعض، وتربط مع بعضها من وسط كل قوس بسلك مقاس "كيج" ١٦، ثم يربط هذا السلك فى طرفى النفق بأوتاد.

وبالنسبة للأقواس المصنوعة من السلك المجلفن قطر ٤-٥ مم، فإنها تثبت على أبعاد مترين من بعضها البعض، وقد ترتبط معًا بخيط رفيع (دوبارة) قبل وضع الغطاء البلاستيكى عليها. ويراعى تثبيت سلكين يتعامد كل منهما على الآخر فى بداية ونهاية كل نفق. ويلاحظ أن النفق يبلغ عرضه عند القاعدة حوالى ١٠٠ سم، بينما يبلغ ارتفاعه نحو ٨٠ سم. ويوضح شكل (١٣-٤) طريقة تثبيت الأقواس على خطوط الزراعة.



شكل (١٣-٤): طريقة تثبيت الأقواس السلكية فى التربة، وموقع الأنفاق المنخفضة بالنسبة لمصاطب الزراعة فى حالة الرى بالغمر. أما عند اتباع طريقة الرى بالتنفيط فإن الأقواس تثبت فوق مصاطب الزراعة تمامًا.

يفرد الغطاء بعد ذلك يدويًا أو آليًا (شكل ١٣-٥؛ يوجد فى آخر الكتاب) فوق الأقواس. فى حالة فرد البلاستيك — يدويًا — يربط طرف الغطاء البلاستيكى حول وتد عند أحد طرفى النفق، ثم يفرد البلاستيك — تدريجيًا — فوق الأقواس، ويربط بوتد آخر من الناحية الأخرى للنفق. وقد يكتفى بدفن البلاستيك فى طرفى النفق فى التربة.

يشد البلاستيك على الأقواس بواسطة خيوط تمر متقاطعة بين الأقواس على شكل حلزوني، وقد تكون متقابلة (شكل ١٣-٦؛ يوجد فى آخر الكتاب) وتربط فى العيون أو الخطافات أو بأوتاد جانبية؛ لتمنع تحرك أو طيران البلاستيك بفعل الرياح القوية. ولتسهيل عملية التهوية فى الأيام المشمسة يرفع البلاستيك إلى أعلى، ويحرك بين الأقواس والخيوط بوضع قوس سلكى خارجى كل ٨-١٠ أمتار لتثبيت البلاستيك بدلاً من الخيوط.

المواد اللازمة لإقامة الأنفاق

يبين جدولا (١٣-٣)، و (١٣-٤) كميات المواد التى تلزم لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة على مساحة ١٠٠٠ متر مربع بهياكل من الأنابيب المجلفنة، أو من حديد التسليح على التوالى.

كما يلزم — عادة — لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة باستخدام أقواس سلكية الكميات التقريبية التالية من المواد التى تستعمل فى إنشاء الأنفاق لكل فدان:

٣٠٠ كجم من السلك المجلفن سمك ٥ مم، لعمل الأقواس.

١٥٠ كجم من البلاستيك الأسود سمك ٤٠ ميكرونًا، يستخدم كغطاء للتربة.

٣٠٠ كجم من البلاستيك الشفاف سمك ٥٠-٦٠ ميكرونًا، وعرض ٢٢٠ سم، يستعمل فى تغطية الأنفاق.

١٠ كجم "دوبارة" لتربيط الأقواس والبلاستيك.

١٦٠ وتدًا خشبيًّا لربط نهايات الأنفاق.

هذا .. مع العلم أن هذه الأنفاق تقام عادة — فى الأراضى الصحراوية — على مسافة ١٧٥ سم من بعضها البعض، سواء أكانت لزراعة الطماطم، أم القاوون، أم البطيخ.

التهوية

تعد تهوية الأنفاق البلاستيكية من أهم عمليات الخدمة الزراعية؛ فهى تحد من الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة — داخل النفق — نهارًا، وتحد كثيرًا من ارتفاع

الرطوبة النسبية؛ فتقل — بالتالي — احتمالات الإصابة بالأمراض، كما تقل ظاهرة تكثف بخار الماء على السطح الداخلي.

جدول (١٣-٣): المواد اللازمة لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة بهياكل من الأنابيب المجلفنة على مساحة ١٠٠٠ متر مربع.

المواد اللازمة	العدد	الكمية
أقواس أنابيب بطول ٣م، وقطر داخلي ½ بوصة	٣٤٠	١٧٠ أنبوبًا طوله ٦ م
غطاء بوليثيلين سمك ٨٠ ميكرونًا بطول ١١٢م، وعرض ٣,٣م	٥ لفات	١٣٥ كجم
أسلاك لربط الأقواس ببعضها قياس ١٦	٦ ربطات طول الربطة ٢٦٠م	١٤٤٥م
أوتاد من قضبان حديد البناء المستعمل لرؤوس الأنفاق	٤٠	٢٨ كجم
أوتاد من قضبان حديد البناء تستعمل في جانب الأنفاق لتثبيت الخيوط	٣٤٠	١٧٠ كجم
خيوط بولى بروبيلين	١٥٠٠ متر	٣,٣ كجم

جدول (١٣-٤): المواد اللازمة لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة بهياكل من حديد التسليح على مساحة ١٠٠٠ متر مربع.

المواد اللازمة	العدد	حديد ٨ مم الكمية (كجم)	حديد ١٠ مم الكمية (كجم)
أقواس بطول ٣٦٥ سم حديد تسليح	٤٨٦	٧٢٩	١٠٥٠
غطاء بوليثيلين سمك ٨٠ ميكرونًا بطول ١١٢م، وعرض ٣,٣م	٥ لفات	١٣٥	١٣٥
خيوط بولى بروبيلين	١,٥ ربطة	٣,٣	٣,٣
طلاء لمقاومة الصدأ	—	٦,٠	٦,٠

كذلك تساعد التهوية — كثيرًا — في عملية تلقيح النباتات داخل الأنفاق. فزهرة الطماطم — مثلاً — بحاجة إلى التعرض لقليل من الاهتزاز — بواسطة الرياح، أو بطريقة

ميكانيكية — حتى يحدث التلقيح بشكل جيد. كما أن الحشرات يمكنها الدخول عند فتح الأنفاق للقيام بعملية التلقيح فى حالة نباتات العائلة القرعية، وغيرها من المحاصيل الحشرية التلقيح.

وتفضل تهوية الأنفاق البلاستيكية المنخفضة بعمل فتحات دائرية الشكل فى البلاستيك على جانب النفق؛ بحيث تكون متبادلة على الجانبين، وتبعد بعضها عن بعض بنحو ١,٥–٢م. وتكون هذه الفتحات صغيرة فى البداية؛ حيث لا يزيد قطرها على ١٠ سم، ثم يُزاد قطرها — تدريجيًا — مع زيادة النمو النباتى، ومع الارتفاع التدريجى فى درجة الحرارة، إلى أن يصل قطرها إلى نحو ٥٠–٦٠ سم، وتكون على شكل دوائر غير مكتملة ذات قواعد عند سطح التربة.

تحقق هذه الطريقة فى التهوية المزايا التالية:

١– تُسهِّل مكافحة الآفات من خلالها.

٢– توفر الجهد اليومى الذى يبذل فى عملية التهوية.

٣– تقلل كثيرًا من احتمالات انهيار الأنفاق لدى تعرضها لرياح قوية.

هذا .. وتزال الأنفاق تمامًا، وتكشف النباتات عند ارتفاع درجة الحرارة وزوال خطر تعرضها للصقيع، أو يعلق الغطاء على الأقواس البلاستيكية بعد إدارتها °٩٠ لتصبح فى اتجاه خطوط الزراعة، وبذلك يصبح الغطاء بمثابة مصدٍ للرياح (شكل ١٣–٨؛ يوجد فى آخر الكتاب).

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون تحت الأنفاق البلاستيكية

أصبحت التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون أمرًا روتينيًا فى زراعات الخضر المحمية فى المناطق الباردة التى تظل فيها الصوبات محكمة الإغلاق وبدون تهوية — لفترات طويلة — بهدف التوفير فى الطاقة اللازمة للتدفئة. فَتَحْتَ هذه الظروف سرعان ما يستنفذ غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الصوبة؛ الأمر الذى يتطلب تعويض القدر المستهلك منه؛ ليبقى معدل البناء الضوئى طبيعيًا. وقد أوضحت عديد من الدراسات أن

معدل البناء الضوئى يزداد عن المعدل الطبيعى، وأن النباتات تستفيد من استمرار زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت عن النسبة الطبيعية — وهى حوالى ٠,٠٣٥٪ (٣٥٠ جزءًا فى المليون) — حتى حوالى ٠,١–٠,١٢٪ (١٠٠٠–١٢٠٠ جزء فى المليون)، بشرط توفر الإضاءة ودرجة الحرارة المناسبتين لعملية البناء الضوئى.

وفى محاولة لتطبيق تقنية التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون على زراعات الأنفاق البلاستيكية تمكن Hartz وآخرون (١٩٩١) من زيادة محصول الخيار والطماطم والكوسة جوهريًّا بنسب تراوحت بين ٢٠٪ و ٣٢٪ بضخ غاز ثانى أكسيد الكربون — تحت الأنفاق — من خلال شبكة الرى بالتنقيط، مع المحافظة على استمرار تراوح تركيزه — داخل النفق — بين ٧٠٠ و ١٠٠٠ جزء فى المليون خلال ساعات النهار. هذا ولم تتعدّ الزيادة فى تكاليف ضخ الغاز ١٠٪ من التكلفة الإجمالية السابقة للحصاد.

وعلى خلاف الانخفاض الذى يحدث فى تركيز الغاز فى البيوت المحمية، فإن العكس هو ما يحدث تحت الأنفاق البلاستيكية، فقد وجد أن تركيز ثانى أكسيد الكربون تحت الأغطية البلاستيكية غير المثقبة (من البوليثيلين الشفاف أو الحاجز للأشعة تحت الحمراء) للكنتالوب كان أعلى جوهريًّا (بمقدار ٢–٣ أضعاف) عما كان تركيزه فى الهواء المحيط. ولقد كان تنفس الكائنات الدقيقة فى التربة هو المسئول الأول عن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء النفق. هذا .. وكان التباين على مدار اليوم وتركيز ثانى أكسيد الكربون بالنفق ضئيلاً خلال المراحل المبكرة لنمو الكنتالوب، لكنه تباين بشدة مع تطور النمو النباتى. كذلك وجد أن تهوية الأنفاق خفضت تركيز ثانى أكسيد الكربون جوهريًّا، لكن المستويات ظلت أعلى جوهريًّا عن الكنترول وعن التركيز فى الأنفاق المثقبة (Aziz وآخرون ٢٠٠١).

الأنفاق البلاستيكية المثقبة

استخدمت الأنفاق البلاستيكية المثقبة perforated row covers كبديل للأنفاق البلاستيكية العادية؛ بغرض تحقيق تهوية جيدة داخل الأنفاق. دون التأثير — كثيرًا —

على الهدف الأساسى من إقامة النفق، وهو حماية النباتات من البرودة. وتستخدم هذه الأنفاق على نطاق تجارى فى أوروبا.

وقد وجد عند استعمالها مع الفراولة — فى هولندا — أنها أدت إلى تبكير النضج، ولكن الثمار المنتجة بها كانت أصغر حجمًا من ثمار النباتات غير المغطاة (عن Gent ١٩٩٠). وأدى استعمال هذه الأغطية إلى رفع درجة حرارة الهواء والتربة تحت النفق وزيادة محصول القاوون المبكر والكلى (Hemphill & Mansour ١٩٨٦).

ومن ناحية أخرى .. وجد Waterer (١٩٩٢) فى كندا أن استعمال شرائح البوليثيلين المثقبة فى تغطية الأنفاق جعلت نباتات الفلفل أكثر حساسية للصقيع، وأدت — فى أحيان كثيرة — إلى نقص المحصول مقارنة بالزراعة المكشوفة.

الأنفاق البلاستيكية ذات الفتحات الطولية

يتكون غطاء النفق فى الأنفاق البلاستيكية ذات الفتحات الطولية slitted row covers من شريحة بلاستيكية واحدة بعرض ١,٥م، بها صفان طوليان من الفتحات، طول كل منها ١٢,٥ سم، وتبعد كل فتحة — من الفتحات المتجاورة فى الصف الواحد — عن الفتحة التى تليها بمقدار ٢ سم. وقد أدى استخدام هذا الغطاء إلى التخلص نهائيًّا من مشكلة التهوية. وطبقت هذه الطريقة بنجاح فى زراعات القاوون والخيار والطماطم والفلفل؛ حيث يترك الغطاء لحين تحسن الظروف الجوية، ثم يرفع. ويسمح هذا الغطاء بنفاذ الضوء بنسبة ٩٠٪ (عن Wells & Loy ١٩٨٥).

وقد أدى استعمال هذه النوعية من أغطية الأنفاق إلى زيادة محصول الطماطم المبكر جوهريًّا (Reiners & Nizshe ١٩٩٣)، وكذلك محصول القاوون المبكر والكلى (Hemphill & Mansour ١٩٨٦).

كيفية الحماية من البرودة والصقيع

تحدث الحماية من البرودة والصقيع لأن التربة تكتسب حرارتها أثناء النهار، ثم

تعيد إشعاع جزء منها فى جو النفق أثناء الليل. كما أن درجات الحرارة تكون داخل النفق أكثر ارتفاعًا منها خارجه؛ مما يسمح بنمو النباتات بصورة أفضل عندما تكون درجة الحرارة منخفضة نهارًا.

ويكون فقد الحرارة ليلاً — فى الأنفاق القديمة المغطاة جزئيًّا بالأتربة — أقل منه فى الأنفاق الجديدة الشفافة التى تسمح بنفاذ الإشعاعات الحرارية المنبثة من التربة ليلاً.

هذا .. وتسمح الأغطية البلاستيكية المختلفة بنفاذ نحو ٧٠٪ من الإشعاع الحرارى من التربة والنباتات ليلاً؛ وعليه .. فإن هذه الأغطية ليست على درجة عالية من الكفاءة فى المحافظة على درجة الحرارة المرتفعة ليلاً.

ونادرًا تزيد درجة الحرارة ليلاً داخل النفق عنها خارجه بأكثر من ١-٢°م. وترجع معظم الحماية من الصقيع — التى توفرها الأنفاق البلاستيكية — إلى تكثف الرطوبة على السطح الداخلى للغطاء عند انخفاض درجة الحرارة ليلاً؛ لأن الغشاء المائى المتكثف يعمل على خفض الإشعاع الحرارى من داخل النفق؛ لأنه لا يسمح بنفاذه كالبلاستيك (Wells & Loy ١٩٨٥).

وإلى جانب الحماية من البرودة والصقيع، فإن الأنفاق البلاستيكية المنخفضة تفيد — أيضًا — فى حماية الخضروات المزروعة تحتها من الرياح والأمطار الغزيرة.

الأنفاق البلاستيكية المنخفضة المدعومة بالهواء

تمكن Jensen & Sheldrake (١٩٦٦) من إنتاج الطماطم — تجريبيًا — تحت أنفاق بلاستيكية مدعومة بالهواء المدفأ بواسطة مدافئ خاصة.

ولإقامة مثل هذا النوع من الأنفاق تلزم تغطية التربة أولاً بالبلاستيك الأسود بسمك نحو ٤٠ ميكرونًا، أو بالبلاستيك الشفاف مع استعمال مبيد حشائش. كما يجب رى الحقل قبل تغطية التربة بالبلاستيك، وتكفى هذه الرية لمد النباتات بحاجتها من الرطوبة؛ لحين إزالة النفق فى الأراضى الثقيلة كما فى هذه الدراسة.

يشتل المحصول المرغوب فى زراعته (الطماطم أو الخيار عادة). ثم تغطى النباتات بالبلاستيك. وتدفن أطرافه فى التربة. ثم يقام النفق بدفع الهواء داخله من أحد الأطراف بمراوح قوية.

ويمكن رفع درجة الحرارة داخل النفق بتشغيل مدفأة أمام المروحة فى بداية النفق كما يستعمل باب منزلق فى نهاية النفق للتحكم فى سرعة خروج الهواء وفى تنظيم درجة الحرارة. كما يمكن التحكم فى درجة الحرارة – أيضًا – بالتحكم فى حجم المروحة وفى قوة المدفأة. ويمكن بهذه الطريقة حماية النباتات من حرارة منخفضة تصل إلى -٤ °م.

هذا .. ويساعد الهواء المتحرك داخل النفق على تلقيح أزهار الطماطم. ويمكن مكافحة الحشرات والأمراض داخل النفق بالتعفير؛ حيث يوزع المبيد بانتظام مع الهواء الداخل إلى النفق.

كما يمكن وضع خرطوم رى بالتنقيط تحت الغطاء البلاستيكى لاستخدامه فى الرى عند الحاجة فى الأراضى الصحراوية.

أنفاق الفيبرجلاس

قد تستبدل بالأقواس السلكية والشرائح البلاستيكية ألواح من البلاستيك المرن الذى يمكن ثنيه بين أوتاد خشبية على شكل نفق يغطى النباتات. وتستخدم لذلك شرائح من الفيبرجلاس ذات أسطح متموجة Corrugated plastic.

ومن أهم مميزات هذا النوع من الأنفاق ما يلى:

١- سهولة تثبيت الغطاء.

٢- سهولة تنظيف الغطاء وإعادة استخدامه عدة مرات.

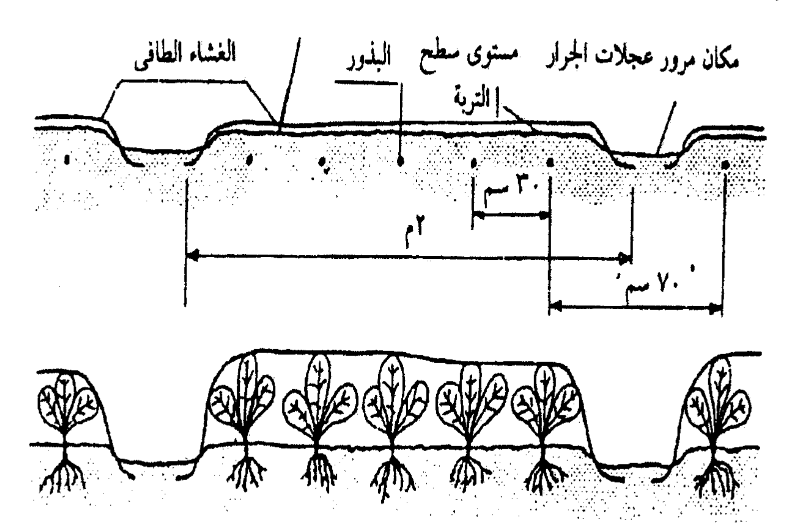
٣- سهولة رفع الغطاء لإجراء عمليات الخدمة (USDA ١٩٧٧).

ويعتبر هذا النوع من الأنفاق مناسبًا لحدائق الخضر المنزلية.

استعمال الأغطية الطافية (أغطية النباتات) فى حماية النباتات من الظروف البيئية القاسية

تعريف الأغطية الطافية وأنواعها

الأغطية الطافية Floating row covers عبارة عن شرائح خاصة من البوليستر غير المنسوج Spunbonded polyster والبولى بروبلين غير المنسوج Spunbonded polypropylene، وهى مواد خفيفة تزن نحو ١٤ جم للمتر المربع، وتستخدم كأغطية توضع على النباتات مباشرة، دون الحاجة إلى سنّادات من الأقواس السلكية؛ وبذا .. فهى تسمى – كذلك – باسم أغطية النباتات plant covers. وتثبت هذه الأغطية دون شدِّها من جانبى الخط؛ حتى لا تعوق النمو النباتى (أشكال: ١٣–٩، و ١٣–١٠؛ يوجد فى آخر الكتاب) وتسمح هذه الأغطية بنفاذ الضوء بنسبة ٨٠٪.



شكل (١٣–٩): طريقة استعمال الأغطية الطافية (عن Fordham & Biggs ١٩٨٥).

يتم تركيب هذه الأغطية يدويًا، كما يمكن تركيبها آليًا باستعمال آلة تثبيت الأغطية البلاستيكية للتربة plastic mulch؛ حتى تسمح بترك الغطاء غير مشدود

على الخط، وقد يثبت على أقواس سلكية مثلما يكون عليه الحال مع الأنفاق البلاستيكية (شكل ١٣-١١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

ومن أمثلة هذه الأغطية أجريل بى ١٧ Agryl P17 (إنتاج شركة Sodoca)، وبيز يوفى ١٧ Base UV17 (إنتاج شركة Neubeyer spa)، وكلاهما من أغطية البولى بروبلين المعاملة لتتحمل الأشعة فوق البنفسجية. كما يتوفر - كذلك - غطاء الهانوفليز (شركة ايتكو بى. أم. أر.)، وهو - كذلك - من أغطية البولى بروبلين المعاملة لتحمل الأشعة فوق البنفسجية.

وتتوفر هذه الأغطية بعرض ٢,٥-٢٠م وبطول حتى ٢٥٠م.

مزايا الأغطية الطافية

يُنسب إلى الأغطية الطافية عدة مزايا تتركز حول كونها توفر للنباتات بيئة مناسبة للنمو وحماية من بعض الإصابات الحشرية والفيروسية.

فالأغطية الطافية توفر للنباتات حماية من الصقيع تتراوح بين درجة واحدة ودرجتين مئويتين بالنسبة لأغطية البوليستر، وتتراوح بين درجتين مئويتين وثلاث درجات مئوية بالنسبة لأغطية البولى بروبلين. ويلاحظ أن جزءًا من النمو الخضرى يكون ملامسًا للغطاء؛ الأمر الذى يعرضه لأضرار الصقيع، ويزيد من فرصة تكوين نويات البللورات الثلجية فى الأنسجة النباتية التى تتلامس مع الغطاء (عن Wells & Loy ١٩٨٥). وتزداد أهمية الحماية التى توفرها هذه الأغطية فى العروة الخريفية المتأخرة عما فى العروة الصيفية المبكرة.

ونظرًا لأن هذه الأغطية تعد منفذة للماء والهواء؛ لذا .. فإنها تسمح بالرى بالرش ورش النباتات من خلالها. كما تعمل التهوية الجيدة للنباتات على منع خفقان الغطاء بفعل الرياح، ومنع تكثف الرطوبة بداخله.

تساعد هذه الأغطية على الإنبات السريع والمتجانس للبذور، وزيادة المحصول المبكر

والكلى، وإطالة موسم النمو، وحماية النباتات من الحرارة المنخفضة، كما تحمى النباتات من الطيور وبعض الحشرات. وتوفر هذه الأغطية حماية للنباتات من الرياح القوية والرمال التى تحملها، وتهيئ جوًا مناسبًا للنمو النباتى.

وتزداد الفوائد التى تجنى من استعمال هذه الأغطية — لمحاصيل الخضر — فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية بما توفره من تظليل جزئى للنباتات، وحماية من الحشرات (عن Hanada ١٩٩١).

ومن أهم مزايا استعمال هذه الأغطية — كذلك — حماية النباتات من الإصابات الفيروسية التى تنتقل إليها بواسطة الحشرات، وخاصة حشرتى المنّ والذبابة البيضاء، كما هى الحال بالنسبة لفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى الطماطم، وفيروسات الاصفرار والتبرقش فى القرعيات.

ومن بين الفيروسات التى أمكن مكافحتها بهذه الوسيلة فيرس موزايك الزوكينى الأصفر، وفيرس موزايك الخيار فى الكوسة، علمًا بأن كليهما ينتقل بواسطة حشرة المنّ (Tomassoli وآخرون ١٩٩٣).

ولمزيد من التفاصيل عن أهمية هذه الأغطية فى مكافحة الفيروسات التى تنتقل عن طريق الحشرات .. يراجع حسن (٢٠١٠).

ومن عيوب استعمال الأغطية الطافية أنها تسمح بتكاثر الحشرات التى تتواجد فى الحقل قبل تغطيته، كما تسمح بالنمو الغزير للحشائش إن لم تكن قد كُوفحت بوسائل أخرى.

ويستدل من دراسات Hamamoto (١٩٩٢) على أن أغطية البولى بروبلين غير المنسوج أثرت على النمو النباتى (نباتات السبانخ فى هذه الدراسة) وعلى البيئة النباتية تحت الغطاء — مقارنة بالزراعة المكشوفة — على النحو التالى:

١- قلّت حركة الهواء تحت الغطاء.

٢- ازدادت حرارة الهواء والنبات تحت الغطاء، وخاصة فى الجو الصحو، وفى غياب الرياح.

٣- كانت الحرارة - ليلاً - تحت الغطاء أعلى من الحرارة فى الجو الخارجى عند النموات القمية والأوراق القاعدية فقط.

٤- كان المحتوى الرطوبى للتربة أعلى تحت الغطاء.

٥- لم يختلف تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون أو الفرق فى ضغط بخار الماء Water Presure Deficit تحت الغطاء عمّا فى خارجه.

٦- ازداد انفتاح ثغور نباتات السبانخ تحت الغطاء، ولكن صافى البناء الضوئى لوحدة المساحة من سطح الورقة كل أقل تحت الغطاء.

٧- كانت نباتات السبانخ أسرع نموًا تحت الغطاء .. ويبدو أن ذلك كان مرتبطًا بالزيادة فى درجة الحرارة - وخاصة أثناء النهار - كما كان مرتبطًا بزيادة رطوبة التربة.

ومن الدراسات التى أجريت على هذه النوعية من الأغطية يتبين ما يلى:

١- أدى استعمال أغطية البوليستر غير المنسوجة spunbonded polyster إلى زيادة محصول القاوون الصالح للتسويق ومحصوله الكلى إذا قورن بالمحصول الناتج فى حالة استعمال أغطية البوليثيلين المثقبة perforated polyethylene (Motsenbocker & Bonanno ١٩٨٩).

٢- أفاد استعمال غطاء الأجريل بى ١٧ فى زيادة محصول الكرنب الصينى بنسبة ٤٩٪ (Guttormsen ١٩٩٠).

٣- وفر استعمال أغطية البوليستر غير المنسوجة حماية للفلفل من الصقيع لعدة درجات، وأدى إلى إسراع النضج وزيادة المحصول الكلى مقارنة بمحصول النباتات المكشوفة (Waterer ١٩٩٢).

٤- ازداد محصول الطماطم المبكر تحت غطاء من البولى بروبلين غير المنسوج - مقارنة بمحصول الزراعة المكشوفة - ولكنه لم يختلف عن محصول معاملة الأنفاق المغطاة بشرائح البوليثيلين الشفاف ذت الفتحات slitted clear polyethylene (Reiners & Nitzsche ١٩٩٣).

٥- ازداد محصول الفلفل الصالح للتسويق، وانخفضت نسبة إصابة الثمار بلفحة الشمس عند استعمال غطاء للنباتات من البولى بروبلين، مقارنة بالمحصول الناتج فى معاملة الشاهد (بدون غطاء)، أو عند استعمال أنواع مختلفة من أغطية التربة (Roberts & Anderson ١٩٩٤).

٦- أعطت نباتات البطيخ أعلى محصول مبكر وأعلى محصول كلىٍّ عند زراعتها تحت أغطية البولى بروبلين (Spunbonded Polyproplene Polyamide Net)، إذا قورن بالمحصول الناتج عند استخدام أغطية البوليسترين (Soltani وآخرون ١٩٩٥).

٧- فى دراسة أجريت على صنف السبانخ Oracle فى زراعة حقلية استخدم فيها غطاء نباتى من البولى بروبلين spunbonded polypropylene، وجد أن الغطاء كانت له التأثيرات التالية:

أ- كانت شدة الإشعاع الشمسى تحت الغطاء أقل عما كانت عليه خارجة.

ب- كانت حرارة الهواء والنبات والتربة أقل تحت الغطاء عما كانت فى معاملة الكنترول غير المغطاة، وخاصة خلال النهار.

جـ- حافظ الغطاء على مستوى أعلى من الرطوبة الأرضية عما كان عليه الحال فى الكنترول.

د- لم تلاحظ أى أعراض للشدّ المائى أو أى تأثيرات للغطاء النباتى على الوضع المائى.

هـ- كان معدل البناء الضوئى لكل وحدة من المساحة الورقية أقل — غالبًا — تحت الغطاء النباتى مما كان عليه خارجه.

و- كان نمو النباتات تحت الغطاء أسرع منه بدونه.

ز- ارتبط العامل السابق بزيادة سرعة تكوين ونمو الأوراق الجديدة تحت الغطاء عنه خارجه، استجابة للحرارة الأعلى (Hamamoto ١٩٩٦).

هذا .. ويقدم Hochmuth وآخرون (٢٠٠٦) مزيدًا من التفاصيل المتعلقة بأغطية النباتات وخطوط الزراعة بكل أنواعها وصورها.

الحماية من البرودة والصقيع بالزراعة فى خنادق مغطاة بالبلاستيك

قام Dainello & Heineman (١٩٨٧) بزراعة الفلفل بالبذور مباشرة فى أواخر فصل الشتاء (فى ولاية تكساس الأمريكية) فى خنادق بعمق ١٢,٥ سم، وعرض ٧,٥ سم عند القاعدة و ٢٥ سم عند القمة، بواقع خندقين فى كل مصطبة بعرض ١٩٠ سم، مع تثبيت خط رى بالتنقيط فى مركز المصطبة تحت سطح التربة على عمق ١٥ سم. وكانت المسافة بين مركزى الخندقين ٥٨ سم. أقيمت الخنادق والمصاطب آليًّا، وزرعت البذور معها آليًا -- كذلك — فى آن واحد، ثم غطيت — مباشرة — بأغطية البوليثيلين.

قارن الباحثان بين استعمالات أغطية متنوعة، كما يلى:

١- شرائح بلاستيك شفافة بعرض ١٨٠ سم، وتم تأمين التهوية تحت الشرائح بعمل قطع بطول ٧ سم على شكل حرف X كل ٦٠ سم فوق الخنادق وبامتداد طولها، عندما ارتفعت درجة الحرارة داخل النفق إلى ٣٧°م لأول مرة. وقد رفعت هذه الأغطية عندما تلامست مع القمم النامية للنباتات، وأجرى الخف على نبات واحد بالجورة.

٢- شرائح بلاستيك شفافة ذات فتحات slitted بعرض ١٨٠ سم، مع ضبط موقعها بحيث يقع صف من الفتحات الطولية فوق كل خندق. رُفعَ هذا الغطاء كذلك عندما تلامس مع القمم النامية للنباتات، وأجرى الخف على نبات واحد بالجورة.

٣- شرائح بلاستيكية سوداء بعرض ١٢٠ سم، مع حرق ثقوب فيها بقطر خمسة سنتيمترات كل ٣٠ سم، والاستدلال على مواقع الجور من البوادر الأولى للإنبات، مع اختيار إحدى البادرات لتنمو خلال كل ثقب.

كانت أفضل المعاملات هى استعمال شرائح البلاستيك ذات الفتحات، والتى أعطت ٤٥٪ من المحصول الكلى الصالح للتسويق فى الجمعة الأولى، كما أدت إلى زيادة المحصول بمقدار طنَّين للهكتار، مقارنة بطريقة الزراعة العادية على مصاطب وبدون غطاء، التى أعطت ٢٩٪ فقط من محصولها الصالح للتسويق فى الجمعة الأولى.

حماية الخضر من أشعة الشمس القوية بالتظليل

يمكن توفير الحماية لنباتات الخضر من أشعة الشمس القوية بعدد من الطرق كما يلى:

١- أبسط هذه الطرق هى تغطية الثمار فقط بقش الأرز لحمايتها من لفحة الشمس، كما فى البطيخ، والشمام، أو تغطية معظم العرش بالقش، مع التركيز على الثمار، كما فى حالة الطماطم. يعيب هذه الطريقة أن تغطية الأوراق بالقش يحجب عنها الضوء، ويقلل كثيرًا من فاعليتها فى تمثيل الغذاء، وقد يؤدى إلى موتها؛ ولذا .. يفضل عدم إجرائها إلا فى المراحل المتقدمة من النمو النباتى، أو أن تجرى التغطية قبل غروب الشمس مع نقل القش إلى جانب النباتات كل صباح.

٢- إنتاج الخضر تحت النخيل الذى يفيد - كذلك - فى حماية النباتات من البرودة والرياح.

٣- إنتاج الخضر تحت أنفاق مغطاة بشباك التظليل.

تقام الأنفاق بالاستعانة بهياكل سكلية بنفس الطريقة التى سبق شرحها، وتغطى بشباك بلاستيكية خاصة، بدلاً من الشرائح البلاستيكية الشفافة. تصنع الشباك من البلاستيك الأسود أو الأخضر، وتختلف فى درجة نفاذيتها للضوء، والعادة هى استخدام شباك منفذة للضوء بنسبة ٥٠٪-٦٠٪ للحصول على شدة إضاءة تتراوح بين ٤٠٠٠ و ٥٠٠٠ لكس.

وتفيد هذه الطريقة فى إنتاج بعض الخضر الحساسة لأشعة الشمس القوية التى تصل - صيفًا - إلى ١٠٠٠٠-١٢٠٠٠ لكس فى بعض المناطق.

هذا .. وتعامل هذه الشباك أثناء تصنيعها بحيث تتحمل الأشعة فوق البنفسجية، ويمكن أن تبقى بحالة جيدة لمدة ٣-٤ سنوات.

٤- إنتاج الخضر فى بيوت (صوبات) المظلات shade houses:

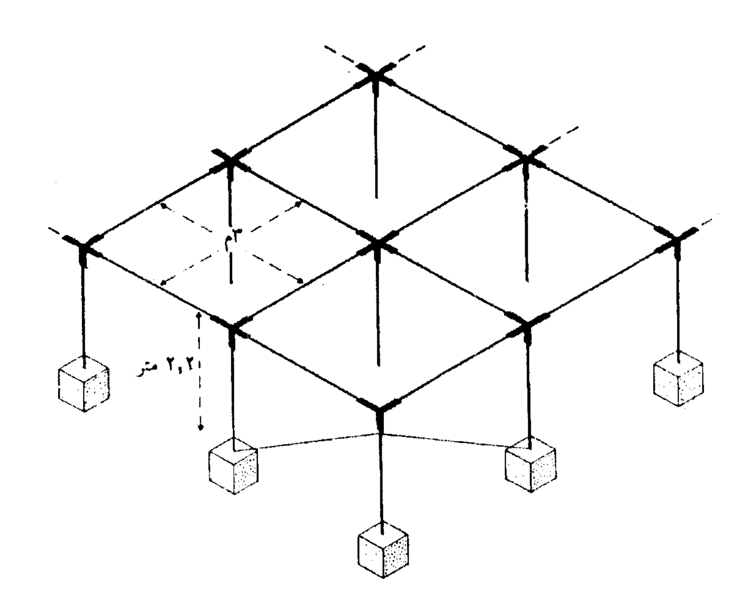
تقام بيوت المظلات على هياكل معدنية ثابتة؛ مثل أنابيب المياه المجلفنة، ثم يغطى الهيكل بشباك تظليل مماثلة لتلك المستعملة فى تغطية الأنفاق. توضع الشباك فوق سقف الهيكل وعلى جوانبه؛ بحيث يكون ارتفاعها من سطح التربة ٣م.

وقد تكون بيوت المظلات على شكل صوبات خشبية lath houses. يتكون هيكل الصوبة من جوانب رأسية وقمة مسطحة، وتغطى كل من الجدران والأسقف بسدابات من خشب البغدادلى (شرائح خشبية رفيعة) بعرض نحو ٥ سم. تثبت هذه الشرائح على الأبعاد المناسبة؛ بحيث تغطى من ثلث إلى ثلثى السطح الخارجى للبيت حسب الحاجة.

كما يمكن إقامة المظلات بوسائل أقل تكلفة يستخدم فيه الحصير والمواد المتوفرة محليًّا (شكل ١٣-١٢).

٥- إنتاج الخضر فى الأنفاق العالية المغطاة بشباك التظليل:

يتشابه إنتاج الخضر فى الأنفاق العالية المغطاة بشباك التظليل مع إنتاجها فى الصوبات البلاستيكية. وتستخدم فى تغطية الأنفاق شباك بلاستيكية من نفس النوع المستخدم فى تغطية الأنفاق المنخفضة والمظلات.



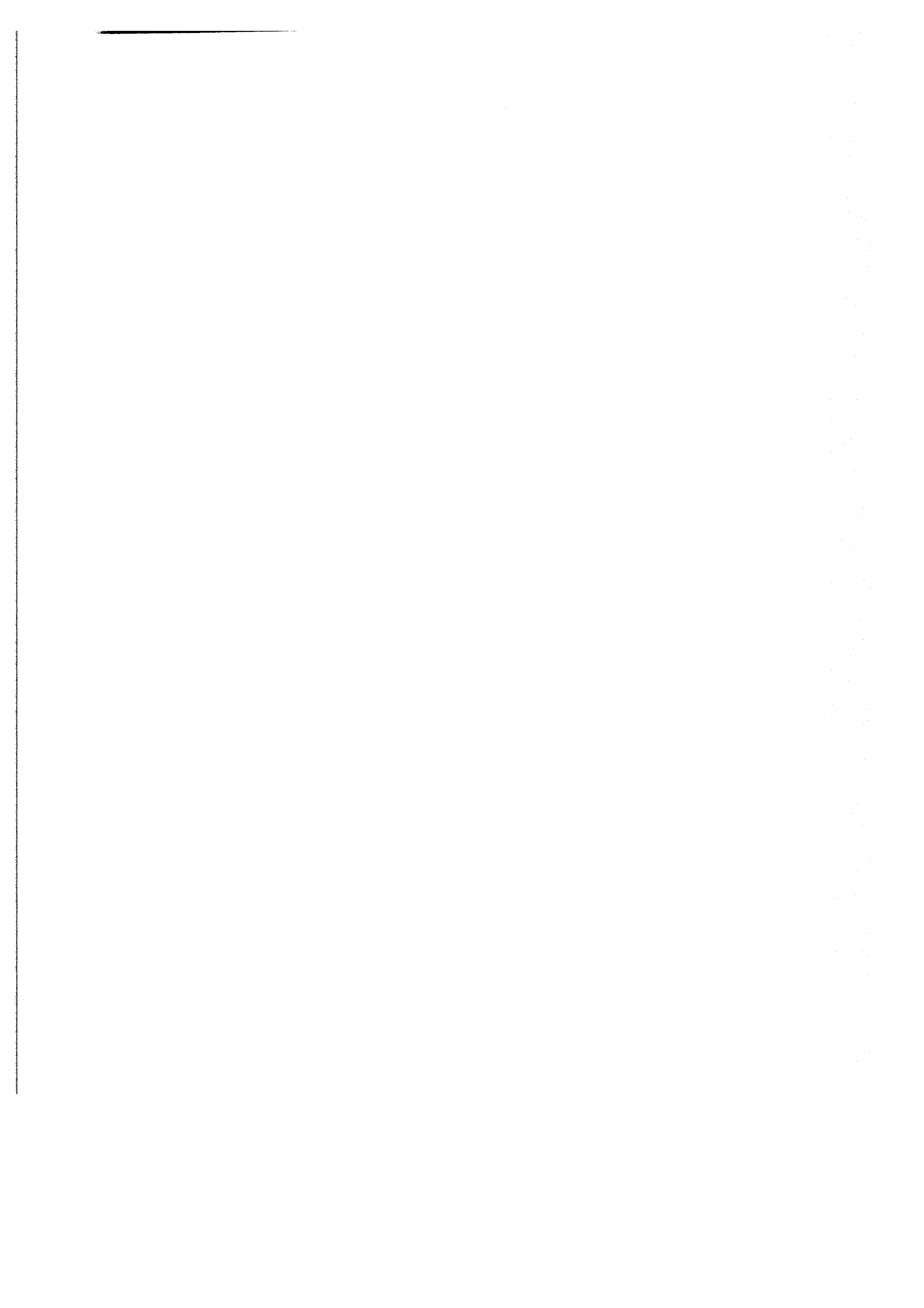
شكل (١٣-١٢): طريقة إنشاء مظلة باستخدام هيكل من أنابيب المياه المجلفنة (شركة Fordingbridge Eng. إنجلترا).

وينسب إلى الشباك البلاستيكية — التي تستخدم في تغطية الأنفاق المنخفضة والصوبات — أنها تعمل على خفض درجة الحرارة خلال النهار، وتقلل من فقد الماء بالنتح أو بالتبخر السطحي بنسبة تصل إلى ٦٠٪.

هذا .. إلا أن التظليل لا يكون — بطبيعة الحال — مجديًا في كل الظروف، ولا مع جميع الخضروات. فالمواسم والمناطق التي يسودها جو معتدل لا يفيد فيها التظليل، كما قد يكون له نتائج سلبية على المحصول.

الحماية من الأمطار بالسواتر البلاستيكية

تستخدم السواتر البلاستيكية plastic shelters في حماية ثمار الطماطم من الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم المرباة رأسيًا في الحقول المكشوفة بالمناطق غزيرة الأمطار، حيث تغطي خطوط الزراعة من أعلى بسواتر بلاستيكية بعرض حوالي ٨٠ سم، وقد تتدلى — أو لا تتدلى — رقائق البلاستيك على أحد جانبي خطوط الزراعة، ويتوقف ذلك على الاتجاه الغالب للرياح في المنطقة.



الفصل الرابع عشر

مكافحة الحشائش

تُعد الحشائش أحد أهم المشاكل التى تواجه منتج الخضر؛ فهى من ناحية تزيد كثيرًا من تكلفة الإنتاج بما قد تتطلبه من عمالة كثيرة فى عملية العزيق، وهى من ناحية أخرى قد تؤدى — إذا أهملت مكافحتها — إلى تدهور كبير فى المحصول كمًّا ونوعًا من خلال منافستها للمحصول المزروع على الماء والغذاء والمكان وضوء الشمس، ومن حيث توفيرها لمأوى لكثير من الآفات ومسببات الأمراض، وتشكيلها لمصدر متجدد للإصابة بها وبمختلف الفيروسات.

ومن أهم الوسائل المستخدمة فى مكافحة الحشائش، ما يلى:

١- تعقيم التربة (الفصل العاشر) وبسترتها بالتشميس (الفصل الحادى عشر).

٢- استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة (موضوع الفصل الخامس عشر).

٣- اتباع الممارسات الزراعية المناسبة، والتى منها العزيق.

٤- المعاملة بمبيدات الحشائش.

ونتناول بالشرح فى هذا الفصل الوسيلة الثالثة بشئ من التفصيل والوسيلة الرابعة بكثير من الاختصار؛ لأنها تخرج عن نطاق هذا الكتاب.

الممارسات الزراعية المتبعة فى مكافحة الحشائش

إن أهم ما تجب مراعاته بالنسبة لمكافحة الحشائش، ما يلى:

١- تجنب كل العوامل التى تؤدى إلى زيادة أعداد بذور الحشائش فى التربة؛ بهدف تقليل الحاجة إلى العزيق الآلى واليدوى، وذلك عن طريق:

أ- كمر سبلة الماشية جيدًا، بهدف قتل بذور الحشائش.

ب- منع الحشائش من الوصول إلى مرحلة إنتاج جيل جديد من البذور، مع إجراء العزيق لهذا الغرض تحديدًا.

جـ- المحافظة على نظافة البتون وحواف الحقل من الحشائش.

د- غسيل آليات الحراثة بعد استعمالها فى حقول توجد بها حشائش خبيثة، على أن يكون الغسيل بالماء تحت ضغط.

٢- التنويع فى الدورة، لأجل منع ازدهار حشائش معينة، وذلك عن طريق:

أ- تبادل محاصيل ذات احتياجات حراثة ومواعيد زراعة مختلفة.

ب- تضمين محاصيل الحبوب الصغيرة فى الدورة كلما كان ذلك ممكنًا؛ بهدف إحداث تباين فى مَألفة habitat الحشائش.

٣- زراعة النباتات التى تغطى سطح التربة cover crops؛ لأنها تنافس الحشائش — إضافة إلى فوائد أخرى — مع مراعاة ما يلى:

أ- اختيار الأنواع السريعة النمو التى يمكنها حجب الضوء عن الحشائش ومنافستها على العناصر.

ب- زراعة تلك النباتات بكثافة عالية.

٤- التحكم فى طريقة إضافة السماد ومواعيد إضافته لأجل أن يكون الهدف تغذية المحصول المزروع وليس الحشائش، مع مراعاة ما يلى:

أ- تجنب إضافة الأسمدة نثرًا قبل الزراعة لأن ذلك يفيد إنبات نمو الحشائش النابتة عن المحصول المزروع.

ب- إضافة الأسمدة إلى جانب خط الزراعة.

٥- اختيار الآلة المناسبة للعزيق حسب طريقة الزراعة وكثافة الزراعة، مع ملاحظة ما يلى:

أ- العزيق "الخربشة" السطحية للمصاطب يقضى على الحشائش الحديثة الإنبات.

ب- العزيق السطحى بين سطور الزراعة يقضى — كذلك — على الحشائش الصغيرة.

جـ- مع نمو المحصول المزروع بقوة، يمكن استعمال آليات تقوم بنقل التراب إلى خط الزراعة ودفن ما قد يوجد فيه من حشائش صغيرة.

د- مراقبة الشرائط الرفيعة من الحقل، التى لا تصلها آلات العزيق المستعملة، والتى تكثر فيها الحشائش.

٦- التخلص من الحشائش النابتة قبل زراعة المحصول باللهب بدون إثارة التربة (عن Grubinger ٢٠٠٩).

ممارسات خاصة لمكافحة الحشائش

العمل على تقليل مخزون التربة من بذور الحشائش

إن الإجراء الأمثل لذلك هو عدم السماح لأى حشيشة أن تصل إلى مرحلة إنتاج البذور؛ فالوصول إلى تلك المرحلة كفيل بتفاقم مشكلة الحشائش لسنوات أخرى قادمة. وعلى سبيل المثال فإن بذور نبات الرجلة يمكن أن تبقى حية فى التربة لمدة ٢٠ سنة، كما يمكن لبذور المسترد الأسود أن تعيش فى التربة لمدة ٤٠ سنة. ويعنى ذلك مع وفرة إنتاج البذور (يمكن لنبات رجلة واحد قوى النمو إنتاج ١٠٠ ألف بذرة) تزايد مخزون التربة من تلك البذور سنة بعد أخرى.

وإذا ما وصلت الحشائش لمرحلة إنتاج البذور يكون من المفضل قلعها والتخلص منها خارج الحقل.

استنبات بذور الحشائش قبل الزراعة

يتم استنبات بذور الحشائش قبل الزراعة مباشرة بتوفير الرطوبة الأرضية المناسبة لذلك، مع التخلص من بادرات الحشائش النابتة بالعزيق السطحى أو باللهب. ويجب أن يتم ذلك قبل زراعة المحصول مباشرة حتى لا تتسبب أى تغيرات فى درجة الحرارة إلى حدوث تغيرات فى نوعيات الحشائش النابتة.

ويمكن بعد قتل الحشائش الصغيرة النابتة السماح بجفاف الطبقة السطحية من التربة

(٥-٧,٥ سم) قبل عمل حفر أعمق لزراعة البذور الكبيرة الحجم نسبيًا كالذرة والفاصوليا؛ فهذه البذور يمكنها الإنبات وتوفير تظليل جزئى لسطح التربة قبل الحاجة لرى الحقل مرة أخرى.

الحرق

تستخدم الحارقات flamers فى قتل الحشائش، وهى تعمل غالبًا بوقود البروبين propane. علمًا بأن تعريض الحشائش للّهب لا يحولها إلى رماد، ولكن اللّهب يرفع حرارتها سريعًا إلى ٥٥°م. وهذا التغير الكبير المفاجئ فى درجة الحرارة يؤدى إلى تمدد العصير الخلوى، مما يؤدى إلى تمزق الجدر الخلوية. وتكون فاعلية التعريض للّهب أعلى ما يمكن عندما يزيد عمر نباتات الحشائش عن مرحلة الورقة الحقيقة الثانية. وتجدر الإشارة إلى أن النجيليات يصعب — إن لم يستحيل — قتلها بالتعريض للّهب؛ ذلك لأن قمتها النامية تكون محمية تحت سطح التربة. وبعد التعرض للّهب يتغير مظهر الحشائش سريعًا من اللمعان إلى الشحوب قبل أن تجف وتموت.

يمكن إجراء عملية التعريض للّهب قبل بزوغ بادرات المحصول المزروع إن كانت بذوره بطيئة الإنبات، مثل الفلفل، والجزر، والبصل، والبقدونس. أما التعريض للّهب بعد إنبات بذور المحصول المزروع فإنه يكون له تأثير سيئ عليه؛ ولذا .. تجب الموازنة بين الضرر المحتمل للمحصول جراء عملية حرق الحشائش، والضرر المحتمل من الحشائش ذاتها.

وغالبًا .. يجرى الحرق على سرعة ٥-٨ كم/ساعة فى الحقل، وإن كانت السرعة تتحدد أساسًا بمقدار الحرارة التى تُنتجها وحدة الحرق المستعملة. ويُحصل على أفضل النتائج عندما يجرى الحرق فى غياب الرياح تمامًا؛ إذ إن الرياح يمكنها منع الحرارة من الوصول إلى الحشائش المستهدفة. وتقل كفاءة عملية الحرق كثيرًا — كذلك — إذا ما تواجدت رطوبة حرة على الأوراق سواء أكانت من الندى، أم المطر، أم الرى بالرش (Smith وآخرون ٢٠٠٠).

الرى تحت السطحى

يمكن للرى تحت السطحى أن يحد كثيرًا من نمو الحشائش.

توفير ظروف المنافسة القوية لصالح المحصول المزروع

يمكن للمحاصيل القوية النمو منافسة الحشائش، كما يمكن بزيادة كثافة الزراعة تحقيق نفس الهدف وتعطى الزراعة بالشتل فرصة أكبر للمحصول على منافسة الحشائش قبل أن يمكنها الإنبات.

العزيق

يعمل العزيق على قلع الحشائش أو دفنها فى التربة. ويفيد الدفن مع الحشائش الصغيرة، أما الحشائش الكبيرة فيتعين معها تدمير منطقة اتصال الساق بالجذر وتقطعيها قبل دفنها. ويفضل العزيق السطحى لأنه لا يؤدى إلى ترحيل بذور جديدة كثيرة إلى سطح التربة من الأعماق، كما يحدث فى حالة العزيق العميق. يُجرى العزيق فى تربة مستحرثة ويؤجل الرى لأيام قليلة بعده لحرمان الحشائش التى تم تقليعها من فرصة إعادة التجذير. كذلك يلزم إجراء العزيق مبكرًا خلال موسم النمو قبل أن يستفحل خطرها. ويكون العزيق كل ٢-٣ أسابيع فى الربيع والصيف، وعلى فترات أطول من ذلك شتاءً. ويتم — دائمًا — تقليع الحشائش القريبة من النباتات يدويًّا حتى لا تُضار نباتات المحصول المزروع من العزيق.

ونظرًا لأهمية موضوع العزيق فى مكافحة الحشائش، فإننا نتناوله بالشرح المفصل فيما يلى.

العزيق .. موعد وعدد وطريقة إجراء العزيق

يجرى العزيق Cultivation أساسًا — بهدف مكافحة الحشائش؛ لذا فإنه يجب دائمًا وضع ذلك الهدف فى الحسبان عند اتخاذ أى قرار بشأن العزيق.

ويعتبر أنسب وقت للعزيق هو عند بدء إنبات الحشائش وظهور البادرات فوق سطح التربة؛ حيث يسهل التخلص منها بالخربشة السطحية، دون الإضرار بجذور النباتات. وفى هذا الوقت المبكر لا تكون الحشائش قد نافست النباتات النامية — بَعْدُ — على الماء والغذاء. ويؤدى تركها دون عزيق حتى تكبر إلى صعوبة التخلص منها بالخربشة السطحية؛ حيث يتطلب الأمر حينئذٍ أن يكون العزيق عميقًا؛ مما يؤدى إلى الإضرار بجذور النباتات المزروعة.

ويجب أن يستمر العزيق إلى أن تكبر النباتات وتصبح قادرة على منافسة الحشائش. ومن المفضل أن يتوقف العزيق بعد ذلك؛ لأن استمراره قد يضر بالنباتات أكثر مما يفيدها. وينصح بإيقاف العزيق فى النصف الثانى من حياة النبات إذا كان الحقل خاليًا من الحشائش فى بداية تلك المرحلة، ويجرى حينئذٍ تقليع الحشائش الكبيرة باليد؛ حيث لا تكون للعزيق فائدة سوى سد الشقوق فى الأراضى الثقيلة.

ويتوقف عدد مرات العزيق على أعداد الحشائش التى تظهر من جديد بعد الرى، أو بعد الأمطار، أو بعد فترة من الجو المناسب للنمو، فيجب أن يستمر العزيق ما دامت هناك حشائش تستطيع منافسة النباتات النامية، ودون الالتزام بجدول سابق.

يجب أن يكون العزيق سطحيًا (خربشة) قدر الإمكان، وبالقدر الذى يكفى للتخلص من الحشائش، دون الإضرار بجذور النباتات. كما يجب أن يكون مبكرًا قد الإمكان.

ويجب أن يجرى العزيق وبالتربة نسبة مناسبة من الرطوبة. فالعزيق فى الأراضى الزائدة الرطوبة يؤدى فى معظم الأراضى — عدا الرملية والعضوية — إلى تصلب التربة بعد جفافها. ويؤدى إجراء العزيق والتربة شديدة الجفاف إلى تكون كتل كبيرة، بدلاً من تكوين غطاء من التربة الناعمة soil mulch.

ويكون العزيق يدويًا بالفأس، أو بالآلات الصغيرة التى يدفعها الإنسان أو يجرها الحيوان، أو بالمحاريث التى تجرها الجرارات عندما تكون الزراعة على مسافات واسعة.

هذا .. ولا يجرى العزيق فى حالة الزراعة الكثيفة لغرض الحصاد الآلى، ويكتفى فيها بمكافحة الحشائش بالمبيدات.

فوائد العزيق

يمكن بواسطة العزيق تحقيق الفوائد التالية:

١- التخلص من الحشائش.

٢- الترديم على النباتات النامية لتثبيتها، وتشجيع تكوين جذور عرضية بها؛ كما فى الطماطم والفاصوليا.

٣- الترديم على نباتات البطاطس والطرطوفة لتغطية الدرنات القريبة من سطح التربة، فلا تتعرض للضوء، ولا تتلون باللون الأخضر.

٤- سد الشقوق فى الأراضى الثقيلة.

٥- خلط الأسمدة المعدنية والعضوية بالتربة، ووقايتها من جرف المياه لها؛ مما يضمن وجودها قريبة من جذور النباتات.

٦- يفيد العزيق أحيانًا فى عمل غطاء من التربة الناعمة يساعد على سد الشقوق، ويقلل من فقد ماء المطر، ويؤدى أحيانًا إلى تقليل تبخر الماء من التربة؛ بتقليل وصوله إلى سطح التربة بالخاصية الشعرية، كما يعمل أحيانًا على تحسين التهوية بالتربة، لكن لا تجنى هذه الفوائد من العزيق العميق تحت كل الظروف.

تأثير العزيق على رطوبة التربة

يعتقد أن العزيق يؤدى إلى تكوين غطاء ناعم من التربة soil mulch، يجف ويكون بمثابة حاجز على سطح التربة يمنع وصول الماء الأرضى إلى السطح بالخاصة الشعرية، ومع ذلك .. فإن هذه الطبقة تتكون بسرعة كبيرة فى المناطق الحارة الجافة (التى يزيد فيها فقد الرطوبة الأرضية)، سواء أُجرى العزيق، أم لم يُجْرَ. وعليه .. فليس لغطاء التربة الناعم فائدة تذكر فى هذه المناطق.

أما فى المناطق الرطبة، فقد يكون لغطاء التربة الناعم فائدة فى منع فقد الماء الصاعد

لأعلى بالخاصية الشعرية، إلا أنه يعمل من جانب آخر على زيادة سطح التبخر فى التربة؛ مما يؤدى إلى سرعة فقد الماء منها، ويكون ذلك ملحوظًا — خاصة بعد المطر الخفيف — حيث يفقد معظم هذا المطر — بسرعة كبيرة فى حالة وجود غطاء التربة الناعم. أما فى حالة المطر الغزير، فإن غطاء التربة الناعم قد يعمل على تقليل الفقد فى الرطوبة بطريق التبخر من سطح التربة، وبتقليل الجريان السطحى للماء أيضًا. ومع ذلك .. فإن طبقة غطاء التربة الناعم لا تختلف كثيرًا فى تأثيرها عن طبقة مماثلة من تربة جافة منضغطة؛ وهو الأمر الذى تأكد من تجارب عديدة. ومن ناحية أخرى .. فإن الأمطار الغزيرة قد تجرف أمامها الطبقة السطحية المفككة فى حالة العزيق، بينما لا يحدث ذلك فى حالة وجود طبقة جافة منضغطة؛ وعليه .. فليس لغطاء التربة الناعم فائدة فى هذه الظروف أيضًا.

وإلى جانب ما تقدم .. فإن جذور النباتات تقوم — على أية حال — بامتصاص الرطوبة الصاعدة بالخاصية الشعرية وتستفيد منها، خاصة إذا كانت الجذور قوية النمو ومتشعبة فى التربة.

تأثير العزيق على حرارة التربة

لا يؤدى العزيق إلى رفع درجة حرارة التربة كما يعتقد. فقد أوضحت الدراسات العديدة أن درجة حرارة الطبقة التى تلى سطح التربة كانت — فى حالة عدم العزيق — أعلى منها فى حالة العزيق. وقد كان الاعتقاد السائد هو أن العزيق يعمل على تقليل تبخر الماء من سطح التربة؛ وبالتالى يقلل فقد الحرارة، لكن العزيق لا يعمل على حفظ رطوبة التربة تحت كل الظروف كما سبق ذكره، كما أن التربة المفككة الناعمة soil mulch تعتبر موصلاً رديئًا للحرارة، فلا توصل الحرارة جيدًا إلى الطبقات السفلى من التربة، وتحتفظ هى بالحرارة، ثم تفقد جزءًا منها فى الجو بالإشعاع، فى حين أن التربة الصلبة المتماسكة تعمل كموصل جيد للحرارة إلى الطبقات السفلى من التربة؛ فترتفع درجة حرارتها عما لو كان سطح التربة مفككًا.

وعليه .. فإن غطاء التربة الناعم ليس له فائدة فى رفع درجة حرارة التربـة، بـل إن العكس هو الصحيح، بالإضافة إلى أن الارتفاع الـذى يحـدث فـى درجـة حـرارة الطبقـة السطحية المفككة لا تستفيد منه جذور النباتات؛ لأنها لا تنتشر فيها.

ولكن من مزايا العزيق رفع درجة حرارة الهواء أعلى سـطح التربـة المعزوقـة مباشـرة. وقد وجد فى إحدى التجارب أن درجة حرارة الهـواء علـى ارتفـاع ٢,٥ سـم مـن سـطح التربة كانت أعلى بمقدار ٤,٩-٥,٦°م فى القطع المعزوقة منها فى القطع غير المعزوقة.

تأثير العزيق على تهوية التربة

لا يعتقد أن العزيق يُحسن من التهوية إلا فى الأراضى الثقيلة التى تتكون بهـا قشـرة صلبة crust بعد المطر أو الرى؛ حيث يقلل العزيق من تكوين القشور؛ ومن ثم يـؤدى إلى تحسين التهوية.

تأثير العزيق على تثبيت آزوت الهواء الجوى

يؤثر العزيق فى هذا المجال من خلال تأثيره على كل من: الرطوبة الأرضية، ودرجة الحرارة، وتهوية التربة. فإذا حافظ العزيق على رطوبة التربة، فإنـه يزيـد — بالتـالى — من نشاط البكتيريا التى تثبت آزوت الهواء الجوى، خاصة إذا عمل العزيـق أيضًـا علـى رفع حرارة التربة وتحسين التهوية بها، ولكن العزيق ليس له تـأثير إيجـابى علـى كـل هذه العوامل تحت كل الظروف، بل إن العكس هو الصحيح فى حـالات كـثيرة. ويفسـر ذلك النتائج المتضاربة العديدة التى تم التوصل إليها فى هذا الشأن.

وعليه .. فلا يعتقد أن غطاء التربـة النـاعم يعمـل علـى زيـادة تثبيـت آزوت الهـواء الجوى فى التربة. وتستثنى من ذلك الأراضى الثقيلة التى قد يـؤدى عزقهـا إلى تحسـين التهوية بها (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

المعاملة بمبيدات الحشائش

ليس من أهداف هذا الكتاب التطرق إلى تفاصيل موضـوع مبيـدات الحشـائش؛ فهـى

كثيرة جدًّا، وتتنوع كثيرًا فى طرق المعاملة بها، وفى الأنواع المحصولية التى تصلح للاستعمال معها، وفى أنواع الحشائش التى تقضى عليها، وقد تطرقنا لهذا الموضوع فى حسن (٢٠١٠).

ونكتفى فى هذا المقام بالإشارة إلى أكثر معاملات مبيدات الحشائش استخدامًا فى إنتاج محاصيل الخضر فى مصر.

• يُعد الجلايفوسيت glyphosate من أكثر مبيدات الحشائش استخدامًا نظرًا لتأثيره الواسع على كل أنواع الحشائش تقريبًا، وصلاحيته للاستخدام فى كل الظروف البيئية، وسرعة تحلله فلا يضر بالبيئة الزراعية. يتوفر الجلايفوسيت فى عديد من التحضيرات التجارية (مثل الروندأب Roundup) . يُمتص المبيد عن طريق الأوراق الخضراء النشطة للحشائش؛ لينتقل بعد ذلك مع عصارة النبات إلى الجذور والريزومات ليقضى عليها.

والمبيد فعال على الحشائش الحولية والمعمرة سواء أكانت نجيلية، أم عريضة الأوراق. ومن بين الحشائش التى يستخدم المبيد فى مكافحتها بنجاح النجيل والسعد والحلفا والحجنة وعنب الديب والعليق والزربيح والحميض والخلة والرجلة وشاش الدبان والشبيط والسلق ورجل الغراب والزغلنت وغيرها.

وتستخدم معظم التحضيرات التجارية للجلايفوسيت فى مكافحة مختلف الحشائش على النحو التالى:

١- يكافح النجيل وكثير من الحشائش المزعجة الأخرى بمعدل ٢ لتر/١٠٠ لتر ماء مع استخدام ١٢٠-٢٠٠ لتر من محلول الرش للفدان، وذلك عندما يكون النجيل بارتفاع ١٠-١٥ سم وقبل مرحلة الإزهار.

٢- يكافح السعد بالرش مرتان تكون أولاهما بمعدل ٢,٥ لتر/١٠٠ لتر ماء مع استخدام ١٥٠ لتر للفدان من محلول الرش، وذلك بعد العزيق والرى عندما يكون النبات بارتفاع ١٠-١٥ سم وبه ٤-٦ أوراق، وتكون الثانية بمعدل ١,٥ لتر/ ١٠٠ لتر ماء، مع استخدام ١٥٠ لتر من محلول الرش للفدان، بعد ١-٢ شهر من الرشة الأولى.

٣- تكافح الحلفا والعليق بمعدل ٢ لتر/١٠٠ لتر ماء، مع استخدام ٢٠٠ لتر من محلول الرش للفدان، وذلك عندما تكون النباتات فى حالة نمو خضرى كامل ونشطة بالنسبة للحلفا، وفى بداية النمو الخضرى بالنسبة للعليق.

٤- تكافح الحشائش الحولية بمعدل لتر واحد/ ١٠٠ لتر ماء، مع استخدام ١٥٠ لتر من محلول الرش للفدان، وذلك فى أى مرحلة للنمو قبل التزهير.

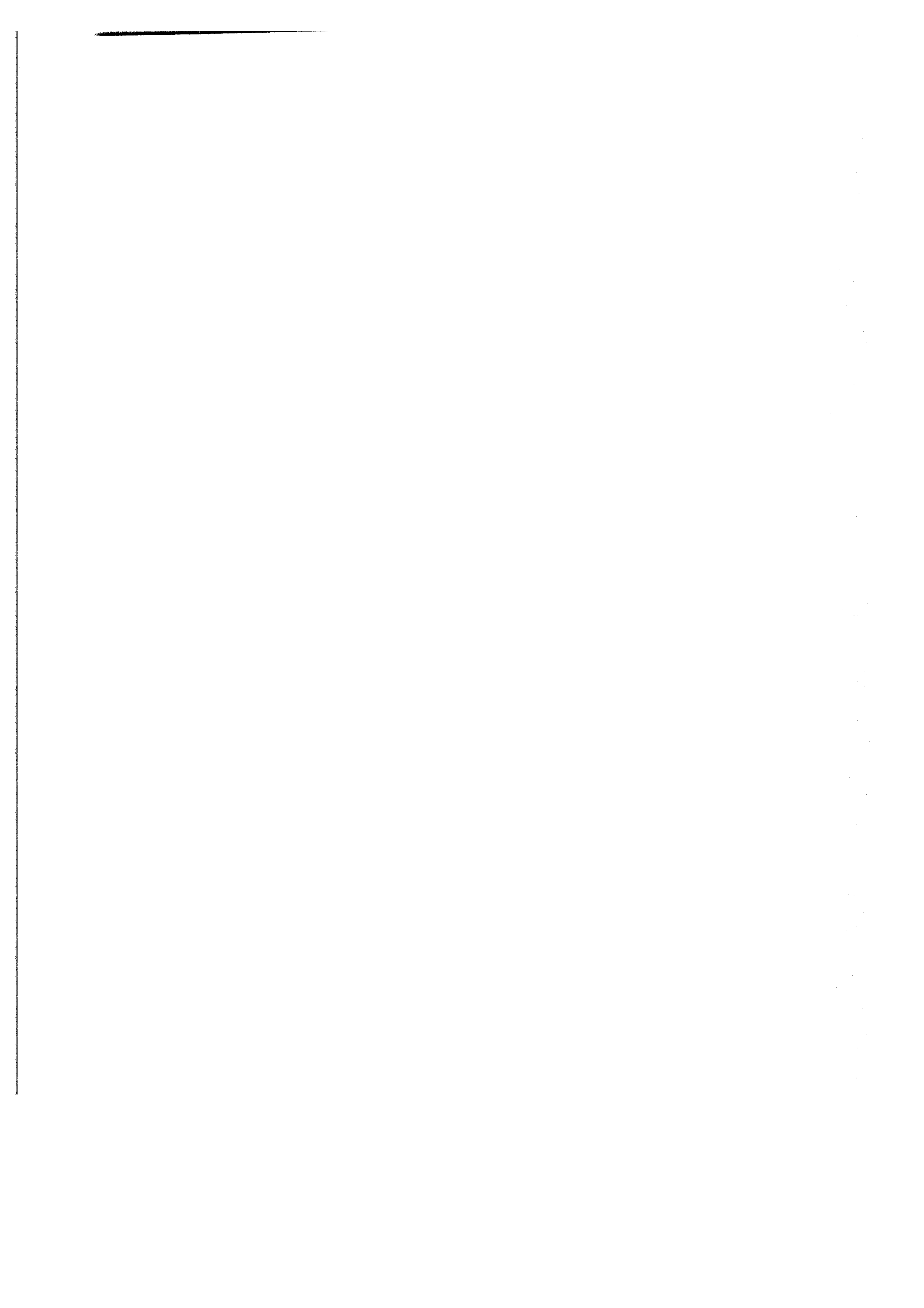
● يفيد استخدام الفيوزيليد سوبر ١٢,٥٪ EC فى مكافحة الحشائش النجيلية المعمرة — خاصة النجيل بأنواعه — والنجيلية الحولية. يُستعمل المبيد بمعدل ١,٥ لتر لكل ١٠٠-٢٠٠ لتر للفدان. ويفضل لمكافحة النجيل إعطاء رشة ثانية بمعدل لتر واحد لكل ١٠٠-٢٠٠ لتر ماء للفدان بعد ثلاثة أسابيع من الرشة الأولى.

● يفيد استخدام البازجران فى مكافحة السعد بمعدل ١,٥ لتر فى ١٠٠-٢٠٠ لتر ماء للفدان.

● للقضاء على أى نمو خضرى يستعمل الرجلون.

● يفيد استخدام مبيد السينكور فى مكافحة حشائش الطماطم والبطاطس والأسبرجس.

● يفيد استخدام مبيد التريبونيل فى مكافحة أعشاب البصل والثوم والبسلة واللوبيا. يستعمل كلا المبيدين قبل أو بعد الزراعة، لأنهما انتقائيان (لا يؤثران على المحصول المزروع)، ولأن مفعولهما على الحشائش يكون عن طريق كل من الجذور والأوراق. يوصى عند استعمالهما بعد الزراعة أن يتم ذلك خلال فترة النمو الأولى للأعشاب.



الفصل الخامس عشر

أغطية التربة

تعرف أغطية التربة باسم مَلْشْ أو soil mulch، كما أن التربة المفككة التى تتكون بفعل العزيق السطحى للتربة تعرف هى الأخرى باسم soil mulch. وتتنوع الأغطية؛ فمنها العضوى organic soil mulch (وأنواعه كثيرة)، ومنها النباتات الحية living plant soil mulch، إلاّ أن أكثر أغطية التربة شيوعًا هى البلاستيك plastic soil mulch. وتستعمل أغطية التربة لأهداف كثيرة، منها مكافحة الحشائش، ومنع تعرية التربة، ومنع فقد الرطوبة بالبخر السطحى؛ وأهداف أخرى كثيرة نتناولها بالشرح فى هذا الفصل.

الأغطية البلاستيكية للتربة

الأغطية البلاستيكية للتربة Plastic Mulches عبارة عن رقائق من البلاستيك الشفاف أو الأسود يُغَطّى بها سطح التربة.

مزايا وعيوب استخدام الأغطية البلاستيكية للتربة

يحقق استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة المزايا التالية:

١- التخلص من الحشائش تحت البلاستيك الأسود؛ لأنه يمنع وصول الضوء إليها.

٢- إحداث تغيرات فى درجة حرارة الطبقة السطحية من التربة تتوقف على نوع البلاستيك المستخدم.

٣- التقليل من تبخر الماء من سطح التربة، ولكن يقابل ذلك زيادة فى النتح؛ نتيجة لزيادة النمو الخضرى.

٤- التقليل من انضغاط التربة؛ بسبب قلة مرور الآلات الزراعية عليها.

٥- زيادة تهوية التربة، وزيادة نشاط الكائنات الدقيقة بها.

٦- تقليل فقد الأسمدة بالرشح؛ نظرًا لعدم الحاجة إلى الرى الزائد.

٧- تقليل تعفن الثمار لعدم ملامستها للتربة، وذلك أمر هام فى بعض المحاصيل كالفراولة.

٨- عدم تقطيع الجذور بالعزيق؛ لأن العزيق يتوقف نهائيًّا، ما عدا بين الشرائح.

٩- توفر غاز ثانى أكسيد الكربون للنبات؛ حيث يتراكم تحت الغطاء، ويخرج من الثقب الذى ينمو من خلاله النبات ليمده تدريجيًّا بتركيز أعلى من الغاز.

١٠- يعمل البلاستيك على انتقال الأملاح خارج منطقة البلاستيك (وهو الاتجاه الذى يتحرك فيه الماء الأرضى؛ لأن التبخر السطحى يكون بين شرائح البلاستيك).

١١- يفيد الغطاء البلاستيكى فى زيادة كفاءة عملية تعقيم التربة بالمبيدات.

١٢- تفيد الأغطية البلاستيكية الصفراء فى جذب بعض الحشرات إليها؛ مما يؤدى إلى موت الدقيقة منها — مثل الذبابة البيضاء — بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن.

١٣- التبكير فى الحصاد بنحو ٢-٢١ يومًا حسب المحصول ونوع الغطاء.

١٤- تؤدى الأغطية العاكسة للضوء — مثل الأغطية الفضية اللون — إلى تشتت بعض الحشرات؛ مثل المنّ.

١٥- يترتب على ذلك كله انخفاض الإصابة بالأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات، وزيادة المحصول المبكر والكلى.

لكن يعيب استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة ما يلى:

١- التكلفة الابتدائية غالية، فضلاً عن التكلفة الإضافية لإزالة البلاستيك بعد الحصاد.

٢- تقليل التهوية فى الأراضى الثقيلة وعند ارتفاع منسوب الماء الأرضى.

٣- قد يحدث ضرر للشتلات فى درجات الحرارة المرتفعة؛ نظرًا لاحتمال تسرب هواء ساخن جدًّا من الثقوب التى تنمو منها الشتلات (Marr ١٩٩٣، و Sweat ٢٠٠٧).

٤- تتراكم أحيانًا بعض الأملاح فى الثقوب التى تنمو فيها النباتات. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بوضع قليل من نشارة الخشب فى هذه الفتحات لتقليل

انتقال الأملاح إليها. هذا .. ولا تحدث تلك الظاهرة في حالة الرى بالتنقيط (Sheldrake ١٩٦٧).

٥- زيادة احتمالات الإصابة بأعفان الجذور إن لم يراعَ تقليل معدلات الرى إلى الحدود المناسبة للمحصول المزروع.

هذا .. وللتفاصيل الخاصة بتأثير الأنواع المختلفة من أغطية التربة على درجة حرارة ورطوبة التربة، ونمو الحشائش، والإصابات المرضية والحشرية، والمحصول فى الأنواع النباتية المختلفة .. يراجع Davis (١٩٧٥)، و Greer & Dole (٢٠٠٣).

محاصيل الخضر التى تستجيب لاستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة

تعدّ الفراولة والقرعيات — وخاصة الشمام والقاوون — أكثر المحاصيل استجابة لاستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة؛ فقد أدى استعمال الأغطية البلاستيكية السوداء أو الشفافة فى القاوون إلى زيادة النمو، والتبكير فى عقد الثمار وزيادة المحصول. كذلك أمكن الحصول على نتائج جيدة من استعمال البلاستيك الأسود كغطاء للتربة فى حقول الباذنجان، والطماطم، والفلفل، والذرة السكرية فى الأراضى المسامية القليلة الخصوبة. ومن أهم مزايا استعمال الغطاء البلاستيكى مع الطماطم والفراولة هى تجنب ملامسة الثمار للتربة (Carolus ١٩٧٠).

وتؤكد عديد من الدراسات أن محصول الخضروات يزداد كثيرًا عند استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة. فمثلاً .. بلغت تلك الزيادة ٣٠٠٪ فى محصول الباذنجان (عن Baron & Gorski ١٩٨٨)، وكانت الزيادة فى المحصول جوهرية فى ولاية جورجيا الأمريكية (Carter & Johnson ١٩٨٨).

وفى ولاية إنديانا أدى استعمال البوليثيلين الأسود كغطاء للتربة إلى زيادة معنوية فى كل من طول ساق نبات البطيخ ومحصوله المبكر والكلى، وكانت الزيادة أكبر عندما كان الرى بطريقة التنقيط مع استمرار استعمال الغطاء البلاستيكى (Bhella ١٩٨٨).

وفى ولاية ميرلاند أدى استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة إلى زيادة محصول القاوون المبكر والكلى معنويًّا؛ مقارنة بكل من البلاستيك الشفاف والزراعة بدون غطاء (Schales & Ng ١٩٨٨).

وفى ولاية تكساس تراوحت الزيادة — التى أحدثها استعمال الأغطية البلاستيكية السوداء للتربة فى محصول الطماطم الصالح للتسويق فى العروة الربيعية — بين ١٦٪ و ٣١٪ (Bogle وآخرون ١٩٨٩).

وتحت الظروف الاستوائية فى المكسيك .. وصل محصول الخيار إلى ٦٣,٤ طنًّا للهكتار عند استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة مقارنة بـ ٢١,٦ طنًّا للهكتار فى معاملة الشاهد (بدون غطاء). وازداد المحصول جوهريًّا كذلك — مقارنة بالكنترول — عند استعمال أى من الغطاء البلاستيكى الشفاف أو الأبيض. كما أدت جميع الأغطية إلى التبكير فى الإزهار وزيادة المحصول المبكر (Farias-Larios وآخرون ١٩٩٤).

هذا إلا أن Roberts & Anderson (١٩٩٤) وجدا أن استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود أدى — فى ولاية أوكلاهوما الأمريكية — إلى نقص محصول الفلفل الأخضر فى سنتين من سنوات الدراسة الثلاث، مقارنة بمعاملة الشاهد.

إجراءات الزراعة مع استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة والرى بالتنقيط

يجب أن يراعى ما يلى:

١- تجهيز الحقل أولاً بالحراثة والتسميد السابق للزراعة: العضوى والكيميائى، وإقامة المصاطب وتنعيمها مع جعلها مائلة نحو الجانبين وضغطها آليًّا إن أمكن.

٢- يزود الحقل بشبكة الرى بالتنقيط، ويروى الحقل جيدًا قبل فرد البلاستيك.

٣- يجرى بعد ذلك عملية فرش الغطاء البلاستيكى للتربة بسمك ٢٥-٧٥ ميكرون وتثبيته عليها بصورة جيدة ليكون التلامس تامًّا بين الغشاء والتربة. ويحسن إجراء هذه العملية قبل الزراعة الخريفية والشتوية بوقت كافٍ للمساعدة على زيادة دفء التربة .

٤- إذا لزم الأمر تعقيم التربة بالتبخير فإن هذه العملية إما أن تجرى مع فرش الغطاء البلاستيكى فى عملية آلية واحدة، وإما من خلال شبكة الرى بالتنقيط بعد فرش الغطاء البلاستيكى.

٥- تكون الزراعة بالشتل من خلال ثقوب يتم عملها فى الغطاء البلاستيكى، مع جعلها صغيرة قدر الإمكان.

٦- يكون الرى والفرتجة من خلال شبكة الرى بالتنقيط.

٧- قد يمكن تكرار الزراعة فى العروة الزراعية التالية لمحصول آخر من عائلة نباتية مختلفة فى نفس الحقل دون إعادة تجهيز الحقل، ودون إزالة للغطاء البلاستيكى.

نظام الرى المناسب للزراعة مع استعمال الأغطية البلاستيكية

بالرغم من استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة — أحيانًا — مع نظامى الرى بالغمر والرى بالرش، فإن أكثر استعمالات الأغطية البلاستيكية للتربة هى مع نظام الرى بالتنقيط، حيث يتم توصيل مياه الرى إلى النباتات بسهولة تامة؛ لوجود خراطيم الرى تحت الغطاء البلاستيكى. أما فى حالة الرى بالغمر . فإنه يكون من الصعب تثبيت البلاستيك على ميل الخطوط أو المصاطب، كما أن حافة البلاستيك المدفونة فى التربة تشكل — حينئذٍ — حاجزًا يفصل بين النبات وماء الرى، ولكن جذور النبات تكون فى تربة مبتلة على أية حال. كذلك نجد فى الأراضى الرملية أن الانتشار الجانبى لماء الرى يكون قليلاً؛ الأمر الذى يحد من استخدام الأغطية البلاستيكية للتربة عند اتباع نظام الرى بالرش.

عرض الغطاء المناسب

يختلف العرض المناسب للفائف البلاستيك باختلاف نوع الخضر، فيكون عرضها نحو ١١٠-١٢٠ سم فى القرعيات، ونحو ٩٠ سم فى الطماطم والباذنجان والفلفل. أما السمك المناسب فيتراوح بين ٢٥ و ٥٠ ميكرونًا لخفض التكاليف. ولكن يجب ألا يقل سمك البلاستيك الأصفر عن ٨٠ ميكرونًا؛ ليكون ذا دكنة كافية لجذب حشرة الذبابة البيضاء إليه.

الأمور التى يجب أخذها فى الحسبان قبل تثبيت الغطاء

يجب قبل تثبيت البلاستيك التأكد مما يلى:

١- **إضافة لأسمدة التى تخلط** - عادة - بالتربة قبل الزراعة.

٢- احتواء التربة على قدر مناسب من الرطوبة؛ فلا تكون جافة ولا زائدة الرطوبة.

٣- مكافحة الحشائش بمبيدات الأعشاب فى حالة استعمال البلاستيك الشفاف.

٤- تجهيز التربة بطريقة تسمح بشد البلاستيك جيدًا ليكون على اتصال بحبيبات التربة؛ للسماح بتوصيل الحرارة إلى الطبقة السطحية من التربة، ولتجنب الانخفاضات التى يمكن أن يتراكم فيها المطر، أو ماء الرى بالرش. ولكى يتحقق ذلك يجب تجميع التربة فى وسط المصطبة أو خط الزراعة، وبميل قدره ١,٥-٣ سم نحو الجانبين.

٥- مدّ خطوط الرى بالتنقيط - فى حالة اتباع هذا النظام فى الرى - والتأكد من عمل جميع المنقطات.

تثبيت الغطاء

عند تثبيت البلاستيك يدويًّا يحفر مجرى صغير على جانبى الخط بعمق حوالى ١٠ سم، ثم يثبت الغطاء على رأس الخط فى النهايتين بتكويم بعض التراب عليه، ثم يدفن جانبًا شريحة البلاستيك فى المجريين، ويغطيان بالتراب لتثبيت الشريحة. ويراعى عدم إجراء هذه العملية أثناء ارتفاع درجة الحرارة بالنهار عندما يكون الغطاء متمددًا.

ويمكن تثبيت البلاستيك آليًّا بتحميل لفافة بلاستيك (عرضها ٩٠-١٢٠ سم، وطولها ٣٠٠-١٥٠٠م) خلف الجرار فى آلة خاصة؛ حيث تقوم محاريث خاصة - تُثبت قبل اللفافة - بفتح خندق صغير عمقه ٧-١٠ سم، وتقوم عجلة مطاطية بفرد البلاستيك وضغطه فى الخندق، وتقوم أسطوانة مثبتة خلف لفافة البلاستيك بالمساعدة فى هذه العملية، وفى ضغط التربة، ويقوم زوج آخر من المحاريث بملء الخندقين بالتربة. وتقوم الآلة أثناء ذلك برفع مصاطب الزراعة من الوسط قليلاً (شكل ١٥-١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

زراعة البذور والشتل فى وجود الغطاء

تكون زراعة البذور قبل تثبيت البلاستيك، أو بعد تثبيته، ويتوقف ذلك على نوع البلاستيك المستخدم ودرجة الحرارة السائدة. ففى الجو البارد يفضل استعمال البلاستيك الشفاف مع الزراعة تحت الغطاء البلاستيكى (أى قبل تثبيت الغطاء على سطح التربة)؛ ليساعد الغطاء على رفع درجة حرارة التربة بالقدر الذى يسمح بسرعة إنبات البذور. وبمجرد ملاحظة ظهور البادرات تحت البلاستيك .. فإنه يثقب فى مواقع الجور؛ للسماح بنمو النباتات خارج البلاستيك. أما فى الجو المعتدل الحرارة، أو عند استخدام البلاستيك الأسود أو الملون .. فإنه يتم تثبيت البلاستيك أولاً، ثم يثقب على المسافات المرغوبة، لكى تزرع البذور من خلالها (شكل ١٥-٢؛ يوجد فى آخر الكتاب).

وتفضل زراعة البذور باستعمال نحو ٦٠ جم من خليط مكون من بيت موس مرطب، وسماد بطئ الذوبان، والبذور التى يُراد زراعتها (نحو خمس بذور). يوضع المخلوط فى جورة الزراعة، ثم يغطى بكمية قليلة من الفيرميكيوليت لمنع جفاف المخلوط بسرعة. تعطى الزراعة بهذه الطريقة إنباتًا ونموًّا متجانسين (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

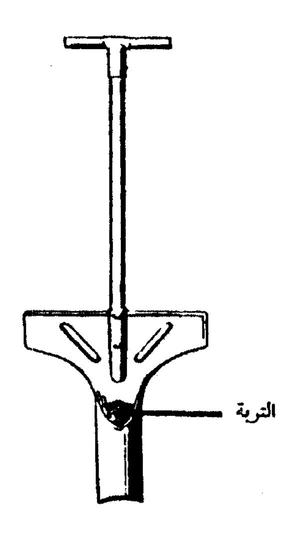
أما الشتل .. فيجرى — غالبًا — يدويًّا باستعمال الـ bulb setter (شكل ١٥-٣)، وهى آلة ذات ذراع طويلة تحدث عند الضغط عليها لأسفل ثقبًا فى البلاستيك، وحفرة بالتربة للشتل فيها.

ولمزيد من التفاصيل حول الأغطية البلاستيكية للتربة، ومزاياها، وكيفية الأخذ بهذا النظام فى تجهيز الحقل وتثبيت الغطاء والزراعة فى وجود الغطاء .. يراجع Hochmuth وآخرين (٢٠٠١).

عمليات الخدمة فى وجود الغطاء

يعد التسميد مع ماء الرى بالتنقيط أفضل وسيلة للتسميد — بعد الزراعة — عند استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة؛ ولذا .. فإنه لم يَشعْ استخدام تلك الأغطية إلا مع

نظام الرى بالتنقيط. ويتم فى هذه الحالة إيصال العناصر السمادية إلى النباتات — مع ماء الرى — بصورة شبه يومية، وبكميات محدودة تتوقف على مرحلة النمو النباتى.



شكل (١٥-٣): الـ bulb setterوهى آلة تستعمل فى إحداث ثقب فى الغطاء البلاستيكى، وحفرة بالتربة، لوضع الشتلة.

أما عند اتباع نظم الرى الأخرى .. فإن التسميد يكون بإحدى الطرق التالية:

١- إضافة كل الأسمدة التى تحتاج إليها النباتات قبل وضع الغطاء البلاستيكى، لكن ذلك يعرضها للفقد بالرشح.

٢- عمل ثقوب فى البلاستيك بجوار جور الزراعة لإضافة السماد من خلالها، وهى طريقة تتطلب عمالة كثيرة.

٣- إضافة السماد تحت الغطاء بعد رفعه قليلاً — يدويًا — أو آليًا — لكن هذه الطريقة قد تضر بالغطاء وبجذور النباتات.

٤- إضافة الأسمدة فى المساحات غير المغطاة بين شرائح البلاستيك. لكن النباتات لا تستفيد من معظم الكميات المضافة؛ لعدم وصول النموات الجذرية إليها، ولتعرضها للفقد بالرشح.

٥- عند اتباع نظام المحصولين المتتابعين Double Cropping System (حيث يستخدم نفس الغطاء فى زراعة محصولين متتالين) فإن مشكلة إضافة الأسمدة تكون أكثر حدّة. ويلجأ البعض إلى زيادة كمية الأسمدة التى تضاف إلى المحصول الأول بأكثر من حاجته الفعلية؛ ليتبقى منها جزء لاستعمال المحصول الثانى، إلا أن ذلك يضر المحصول الأول، كما يؤدى فقد الأسمدة بالرشح إلى عدم كفاية المتبقى منها للمحصول الثانى.

٦- تمكن Hochmuth وآخرون (١٩٨٦) من التسميد فى وجود الغطاء البلاستيكى للتربة؛ بواسطة آلة خاصة تتكون من عجلة تبرز من حوافها أنابيب مدببة، وتتصل من محورها بمصدر سائل للسماد. وبالتحكم فى عدد الأنابيب التى تبرز من حافة العجلة .. يمكنها تثقيب البلاستيك عند مرورها عليه، وإضافة السماد السائل على العمق المناسب، وفى المكان المناسب فى آن واحد. هذا .. وتتصل العجلة بمضخة صغيرة توفر ضغطًا قدره ٢٠٠-٣٠٠ كيلو باسكال kPa لحقن السماد فى التربة.

ومن الأهمية بمكان مكافحة الحشائش تحت البلاستيك الشفاف؛ نظرًا لأن الحشائش تنمو بسرعة أكبر تحته لارتفاع الحرارة وزيادة الرطوبة. ويكفى استعمال مبيد لمكافحة الحشائش مدة ٣-٤ أسابيع إلى أن ينمو العرش ويغطى التربة.

أما بين شرائح البلاستيك، فيمكن مكافحة الحشائش بسهولة بالكيماويات، قبل أن تمتد جذور النباتات إلى هذه المناطق. ويجب أن تتم المعاملة بالمبيدات بعد فرد البلاستيك وقبل تثقيبه؛ لتجنب تلوث التربة تحت البلاستيك بالمبيد المستخدم.

وقد أعطى السيمازين simazine (بمعدل ٤٥٠-١٣٥٠ جم/للفدان من المساحة المعاملة) مكافحة جيدة مع القاوون والطماطم. ويمكن مكافحة الحشائش التى تظهر فى ثقوب الزراعة — بسهولة — يدويًا مرة واحدة (Carolus ١٩٧٠).

أما عمليات الخدمة الأخرى .. فإنها تتم بصورة عادية، مع تنظيم سير الآلات الزراعية بحيث لا تمزق الغطاء البلاستيكى.

ويجب فى نهاية الموسم جمع البلاستيك وحرقه؛ لأنه لا يتحلل ولا يحب حرثه فى التربة.

هذا .. وتحسب الكمية اللازمة من الغطاء البلاستيكى للتربة باستعمال المعادلة التالية:

الكميـة بـالكيلو جـرام = (الطـول بـالمتر × العـرض بـالمتر × الكثافـة النوعيـة × السـمك بالميكرون)/١٠٠٠

حيث تتراوح الكثافة النوعية -- غالبًا -- بين ٠,٩٢ و ٠,٩٥.

ويمكن الاستفادة من جدولى (١٥-١)، و (١٥-٢) فى حساب الاحتياجات من البوليثيلين الذى يلزم كغطاء بلاستيكى.

جدول (١٥-١): وزن المتر المربع، والمساحة التى يغطيها الكيلوجرام الواحد من البوليثيلين عند اختلاف سمك الغشاء.

السمك (ميكرون)	وزن المتر المربع (جم)	المساحة التى يغطيها الكجم (م٢)
٢٥	٢٣	٤٣
٣٠	٢٧	٣٧
٣٨	٣٥	٢١
٤٠	٣٧	٢٠
٥٠	٤٦	١٦
٨٠	٧٣,٦	١٣,٥٨
١٠٠	٩٢	١١
١١٥	١١٥	٨,٦٩
١٥٠	١٣٨	٧,٢٤
٢٠٠	١٨٤	٥,٤٣
٢٥٠	٢٣٠	٤,٣٨
٣٧٥	٣٤٦	٢,١٣
٥٠٠	٤٦٠	٢,١٠

أما جدول (١٥-٢) فيبين وزن المتر الطولى - بالجرام - من أغشية البوليثيلين (كثافة ٠,٩٢ جم/سم^{٣})، التى تختلف فى سمكها وعرضها.

جدول (١٥-٢): وزن المتر الطولى (جم) من أغشية البوليثيلين (كثافة ٠,٩٢ جم/سم^{٣}) التى تختلف فى سمكها وعرضها.

العرض (م)	السمك (ميكرون)						
	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠	٢٠٠	٢٥٠
١	٧٤	٩٢	١١٠	١٣٨	١٦٦	١٨٤	٢٣٠
١,٥	١١٠	١٣٨	١٦٦	٢٠٧	٢٤٨	٢٧٦	٣٤٥
٢	١٤٧	١٨٤	٢٢١	٢٧٦	٣٣١	٣٦٨	٤٦٠
٢,٥	١٨٤	٢٣٠	٢٧٦	٣٤٥	٤١٤	٤٦٠	٥٧٥
٣	٢٢١	٢٧٦	٣٣١	٤١٤	٤٩٧	٥٥٢	٦٩٠
٦	٤٤٢	٥٥٢	٦٦٢	٨٢٨	٩٩٤	١١٠٤	١٣٨٠

التأثيرات الفسيولوجية للأغطية البلاستيكية

التأثيرات العامة للون الغطاء ونوعيته على نفاذ الأشعة ونمو الحشائش ومكافحة الحشرات

يتباين تأثير نوع الغطاء البلاستيكى ولونه على تلك الأمور، كما يلى:

١- الأغطية الزيتونية الحرارية Olive thermic:

تسمح هذه الأغشية بنفاذ الأشعة تحت الحمراء لتدفئ التربة نهارًا، ولكنها تمنع الموجات الضوئية النشطة فى البناء الضوئى؛ فتمنع بذلك نمو الحشائش بدرجة كبيرة.

٢- الأغطية الحمراء Red:

تعد هذه الأغشية نصف شفافة (شفانية) translucent بدرجة تسمح بنفاذ الإشعاع وتدفئة التربة، لكنها تعكس - كذلك - الإشعاع نحو النمو النباتى لتغير نسبة الأشعة الحمراء إلى تحت الحمراء. وقد يترتب على ذلك حدوث تغيرات فى تطور النمو النباتى

الخضرى والزهرى وفى الأيض؛ مما يقود إلى التبكير فى الإثمار أو إلى زيادة المحصول فى بعض الخضر.

٣- الأغطية الصفراء Yellow:

يجذب الغشاء الأصفر بعض أنواع الحشرات، مثل الذبابة البيضاء وخنفساء الخيار وبعض أنواع المنّ، ويعمل كمصيدة تمنع إضرار تلك الحشرات بالنباتات المزروعة.

٤- الأغطية الزرقاء Blue:

تجذب إليها التربس.

٥- الأغطية الفضية Silver:

قد تكون هذه الأغشية فضية فقط أو فضية من أعلى وسوداء من أسفل. غالبًا يعمل النوع الأخير على منع نمو الحشائش بسبب منع الطبقة السوداء لنفاذ الضوء. يعمل الغشاء على تبريد التربة، ولكن ليس بنفس درجة تبريد الغشاء الأبيض المبطن بالأسود. كذلك يعمل الغشاء على طرد المنّ والتربس؛ مما يقلل أضرارهما على المحصول.

٦- الأغطية البيضاء White:

تُبرِّد هذه الأغشية التربة، وتنتج غالبًا مبطنة بغشاء أسود لمنع نمو الحشائش.

وبالمقارنة بالأغشية البلاستيكية المستخدمة كغطاء للصوبات، فإنه يوجد منها:

١- الأغشية العائقة لنفاذ الأشعة تحت الحمراء Infrared barrier:

تمتص هذه الأغشية الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة، وبذا .. فهى تقلل الفقد الحرارى ليلاً، بينما هى تسمح بنفاذ الأشعة تحت الحمراء الأقصر فى طول الموجة (الأعلى طاقة) بما يسمح بتدفئة الصوبة نهارًا. وتسمح هذه الأشعة بنفاذ الأشعة الضوئية للنباتات نهارًا.

٢- الأغشية العاكسة للأشعة تحت الحمراء infrared reflecting:

تعكس هذه الأغشية الأشعة تحت الحمراء؛ بما يحد من ارتفاع حرارة الصوبة نهارًا.

٣- الأغشية المانعة لنفاذ الأشعة فوق البنفسجية UV blocking:

تمتص هذه الأغشية الأشعة فوق البنفسجية حتى طول موجى ٣٩٠ نانوميتر؛ مما يحد من انتشار بعض المسببات المرضية مثل البوترتيس *Botrytis* (Taber ٢٠٠٩).

تأثير الغطاء البلاستيكى ولونه على حرارة التربة

عندما يسقط الضوء على الغطاء البلاستيكى الأسود فإنه يمتص معظم الطاقة الموجودة بالضوء فى كل الموجات الضوئية ذات الأهمية (فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء)، ثم يعيد انبعاث تلك الطاقة لموجات ضوئية طويلة (حرارية). ونظرًا لأن هذا الانبعاث الحرارى يحدث من جانبى البلاستيك (الجانب المواجه للهواء والآخر المواجه للتربة). فإن قدرًا كبيرًا من الطاقة التى يمتصها البلاستيك تفقد فى الهواء. هذا إلاّ أن الأمر يختلف إن كان تلامس الغشاء البلاستيكى للتربة كاملاً، حيث ينطلق قدر كبير من الطاقة التى امتصها البلاستيك إلى التربة بالتوصيل، خاصة وأن درجة التوصيل الحرارى للتربة أعلى بكثير من درجة توصيل الهواء. وتكون حرارة التربة تحت البلاستيك الملتصق جيدًا بالهواء خلال النهار أعلى بمقدار ٣ْم على عمق ٥ سم، وبمقدار ١,٥ْم على عمق ١٠ سم عما يكون عليه الحال فى التربة غير المغطاة.

أما البلاستيك الشفاف فهو لا يمتص سوى القليل جدًّا من الطاقة الشمسية الساقطة عليه، ولكنه يسمح بمرور أغلبها إلى التربة تحته. وبسبب دفء التربة تحت البلاستيك مع عدم نفاذية البلاستيك للرطوبة فإن الجانب السفلى للغشاء البلاستيكى يتكثف عليه غالبًا بخار الماء. وهذا الغشاء المتليف يكون منفذًا للأشعة الشمسية قصيرة الموجة، لكنه يكون معتمًا للأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة التى تنبعث من التربة. ويعنى ذلك أن الغشاء البلاستيكى مع الغشاء الرطوبى المتكثف يسمح بمرور الطاقة من الشمس إلى التربة لكنهما يمنعان نفاذ الطاقة من التربة للهواء. ولذا .. فإن حرارة النهار تحت البلاستيك الشفاف تزيد — عادة — بمقدار ٤-٨م على عمق ٥ سم، وبمقدار ٣-٥ْم على عمق ١٠ سم عما يكون عليه الحال فى التربة غير المغطاة.

ويتوفر ما يعرف بالأغشية المنفذة للأشعة تحت الحمراء infra-red transmitting films، وهى تمتص الأشعة النشطة فى البناء الضوئى، لكنها لا تنفذ الأشعة تحت الحمراء؛ وبذا لا يمكن للحشائش النمو تحت الغشاء، بينما تدفأ التربة بفعل الأشعة تحت الحمراء التى تنفذ إليها (الإنترنت ٢٠٠٧ http://growingtaste.com/mulches.shtml).

تسمح الأغطية البلاستيكية المنفذة للأشعة تحت الحمراء بتدفئة التربة بصورة وسطية بين التدفئة التى يحدثها البلاستيك الشفاف والبلاستيك الأسود، وهى تكون ملونة لكى تخفض من الضوء المنظور الذى ينفذ من خلالها (لتقليل نمو الحشائش تحت الأغطية). وبعض هذه الأغطية تكون إما خضراء أو بنية اللون. هذا .. إلا إنه ليست كل الأغطية الخضراء أو البنية منفذة للأشعة تحت الحمراء؛ وذلك لأن تلك الخاصية تتطلب أن يحتوى البلاستيك على صبغات خاصة تكسبه القدرة على نفاذ أكبر قدر من الأشعة تحت الحمراء، وأقل قدر (١٤٪–١٦٪) من الضوء المنظور، والذى يفيد فى زيادة تدفئة التربة. تستعمل هذه الأغطية — خاصة — فى الزراعات المبكرة فى الربيع التى يفيدها تدفئة التربة، إلا أنها أكثر تكلفة (Rangarajan ٢٠٠٨).

وبصفة عامة ,, فإن درجة الحرارة ترتفع تحت كل من البلاستيك الشفاف والبلاستيك الأسود، وخاصة تحت البلاستيك الشفاف الذى تتحول الأشعة النافذة خلاله إلى حرارة، إلا أن درجة الحرارة الصغرى تكون متشابهة تحت كُل من البلاستيك الشفاف والأسود.

ويكون تأثير البلاستيك على درجة حرارة التربة واضحًا فى بداية مراحل النمو، إلى أن ينمو المجموع الخضرى ويغطى البلاستيك.

ويفضل استعمال البلاستيك الأسود فى الجو المعتدل الحرارة. أما عند الزراعة فى الجو المائل إلى البرودة، فيفضل البلاستيك الشفاف.

ولقد وجد Harris (١٩٦٥) — فى دراسة على الفاصوليا — أن غطاء البوليثيلين

الأسود أدى إلى ارتفاع درجة الحرارة الصغرى، وانخفاض درجة الحرارة العظمى فى الربيع (حينما تكون الحرارة منخفضة نسبيًّا)، ولكنه أدى إلى ارتفاع كل من درجة الحرارة الدنيا، ودرجة الحرارة العظمى خلال الصيف (حينما تكون الحرارة مرتفعة بصفة عامة).

وفى دراسة على القاوون (Schales & Sheldrake ١٩٦٦) قورن تأثير أنواع مختلفة من أغطية التربة على درجة الحرارة على عمق ٢,٥ سم من سطح التربة، وكانت النتائج كما فى جدول (١٥-٣).

جدول (١٥-٣): تأثير أنواع مختلفة من أغطية التربة على درجة الحرارة على عمق ٢,٥ سم من سطح التربة.

الغطاء	التغير فى درجة الحرارة (مْ)
بلاستيك شفاف + غطاء بترولى رشًّا	+(٥,٥)
بلاستيك أسود	+(١,٦-٢,٧)
بلاستيك شفاف	لا تغير فى درجة الحرارة
قش	-(٤,٤-٥,٥)
بيت موس سُمْكُه ٥ سم	-(٤,٤-٥,٥)

وفى تجربة على الخيار، كانت درجات الحرارة الدنيا والعظمى للتربة العادية والمغطاة بالبلاستيك الأسود فى العروة الخريفية بالمنطقة الوسطى من العراق كما فى جدول (١٥-٤)، أما فى العروة الربيعية، فقد قورنت التربة العادية بالتربة المغطاة بالبلاستيك الشفاف أو الأسود، وكانت درجات الحرارة الدنيا والعظمى كما فى جدول (٥-٥) (عن على ١٩٧٧).

كما أوضحت الدراسات التى أجريت فى أريزونا صيفًا تحت ظروف الجو الحار أن الفلفل استجاب لاستعمال أغطية التربة، سواء منها البوليثيلين الأسود، أم البوليثيلين المغطى بالألومنيوم Aluminum-coated polyethylene بزيادة النمو الخضرى والنمو الجذرى وأعداد الثمار، لكن النمو الخضرى كان أفضل — فى حالة

استعمال غطاء الألومنيوم -- عما هو في حالة استعمال الغطاء الأسود. هذا .. وقد كان النمو الجذرى سطحيًّا وليفيًّا كثيفًا تحت الغطاء، عما هو فى معاملة المقارنة بدون غطاء.

جدول (١٥-٤): تأثير الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة على درجة حرارة التربة فى ظروف الحرارة المرتفعة (العروة الخريفية بالمنطقة الوسطى من العراق)

التاريخ	درجة حرارة التربة العادية (مْ)		درجة حرارة التربة المغطاة بالبلاستيك الأسود (مْ)	
	الصغرى	العظمى	الصغرى	العظمى
١٧ / ٧ — ٧/٢٣	٢٦,٧	٣٠,٨	٢٧,٥	٣٥,٩
٨/٢٨ — ٩/٣	٢٥,٢	٢٩,٩	٢٧	٣١,٩
٩/٢٥ — ١٠/١	٢٢,٠	٢٢,٣	٢٣,٦	٢٧,٨
١٠/٣٠ — ١١/٥	١٣,٦	١٥,٢	١٥,٠	١٧,٩
١١/٢٠ — ١١/٢١	١١,٣	١٣,٢	١٢,٣	١٥,٧

جدول (١٥-٥): تأثير الغطاء البلاستيكي الشفاف والأسود على درجة حرارة التربة (مْ).

التاريخ	التربة غير المغطاة		الحرارة تحت البوليثيلين الأسود		الحرارة تحت البوليثيلين الشفاف	
	الصغرى	العظمى	الصغرى	العظمى	الصغرى	العظمى
٣/٥ — ٣/١١	١٢,٨	١٤,٩	١٧,٤	١٩,٦	١٧,٨	٢١,٢
٣/٢٦ — ٤/١	١٧,٥	٢٠,٧	١٧,٣	٢٣,٥	٢١,٠	٢٦,٠
٤/٣٠ — ٥/٦	١٩,٦	٢٣,٩	٢٤,٤	٣٠,١	٢٣,٧	٢٩,٩
٥/٢٨ — ٦/٣	٢٤,٦	٢٩,٠	٢٩,٠	٣٤,٩	٢٤,٧	٢٩,٠
٦/١٨ — ٦/٢٤	٢٤,٧	٢٧,٢	٢٧,٤	٣٣,٥	٢٥,٤	٢٨,٧

وقد بدا واضحًا أن غطاء البوليثيلين بالألومنيوم كان أفضل من البوليثيلين الأسود تحت ظروف الجو الحار. ومن المعتقد أن ذلك كان راجعًا إلى تخفيض غطاء الألومنيوم لدرجات الحرارة الشديدة، وإعادة تشتيته للضوء حول النمو الخضر للنباتات (Al-Masoum ١٩٨٢).

كذلك أوضحت دراسات Schalk & Robbins (١٩٨٧) فى ولاية كارولينا الجنوبية أن الأغطية الألومنيومية تخفض درجة حرارة التربة، وتقلل الأثر الضار للحرارة العالية على نباتات الطماطم الصغيرة بعد الشتل؛ مما يزيد من معدل نجاح الشتل. كذلك ازداد محصول الطماطم فى جميع معاملات أغطية التربة أيًّا كان لون الغطاء المستخدم: أسود، أم ألومنيومى، أم ألومنيوم على بلاستيك أسود، مع إزالة طبقة الألومنيوم بعد نحو شهر ونصف الشهر من الشتل الذى كان فى بداية فصل الخريف فى ٢٢ من سبتمبر.

كما تبين من دراسات Ham وآخرين (١٩٩٣) — عن تأثيرات عدة ألوان من الأغطية البلاستيكية للتربة فى درجة الحرارة — ما يلى:

١- تساوت درجة حرارة الهواء — فى منتصف النهار — على ارتفاع ٥ سم من الغطاء البلاستيكى فى جميع ألوان الأغطية.

٢- كانت درجة حرارة التربة فى منتصف النهار — على عمق ١٠ سم من سطح التربة — أعلى ما يمكن تحت معاملة البلاستيك الأسود.

٣- أرجع ارتفاد درجة حرارة التربة تحت البلاستيك — جزئيًّا — إلى انتقال الحرارة بالتوصيل من البلاستيك إلى التربة.

وجد أن الوحدات الحرارية المتراكمة حول نباتات البطيخ كانت أعلى جوهريًّا فى حالة استعمال الغطاء البلاستيكى الأبيض للتربة عما كان عليه الحال مع استخدام البلاستيك الأسود، إلا أن العكس كان صحيحًا بالنسبة لقياسات تراكم الوحدات الحرارية فى التربة السطحية وحتى عمق ١٠ سم، وذلك طوال موسم النمو المحصولى (Schmidt & Worthington ١٩٩٨).

وكانت متوسطات الحرارة اليومية لمنطقة نمو جذور الطماطم على امتداد موسم النمو أعلى تحت الأغطية البلاستيكية بمقدار ١-٥ °م عن حرارة الهواء، وكانت أعلى حرارة لمنطقة نمو الجذور وسط النهار تحت البلاستيك الأسود، وأقلها فى التربة غير المغطاة، وتلك التى استعمل معها بلاستيك أبيض. وحدث أكبر تغير

يومى فى حرارة منطقة نمو الجذور فى التربة غير المغطاة. وكانت حرارة منطقة نمو الجذور تحت البلاستيك الأسود والرمادى تزيد بمقدار ٤ْم مقارنة بالحرارة تحت الأغطية البلاستيكية الأخرى والتربة غير المغطاة. وقد ارتبطت درجة تدفئة التربة بمدى انعكاس الضوء من على الغطاء البلاستيكى. كان أقل انعكاس (١٠٪ من الأشعة النشطة فى البناء الضوئى) من على البلاستيك الأسود، وأعلى انعكاس (٢٥٪) من على البلاستيك الفضى. وقد أثرت حرارة منطقة نمو الجذور على الوزن الطازج للنموات الخضرية، ومحصول الثمار ، وعدد الثمار، ومتوسط وزن الثمرة. ووصلت تلك القياسات إلى أعلى معدلاتها عندما تراوحت حرارة نمو الجذور بين ٢٥,٤ ، و ٢٦,٣ْم (Diáz-Pérez & Batal ٢٠٠٢).

وكان متوسط حرارة منطقة نمو الجذور (مع البروكولى) وتراكم الدرجات الحرارية اليومية أعلى ما يمكن تحت الأغطية البلاستيكية القاتمة اللون (الزرقاء والسوداء والحمراء والرمادية)، وأقل ما يمكن تحت الأغطية الفاتحة اللون (الفضية والبيضاء)، بينما كان متوسط الحرارة الدنيا الأعلى تحت البلاستيك الفضى والأدنى تحت البلاستيك الأبيض. وأظهر الغطاء البلاستيكى الفضى أقل تباين يومى فى حرارة منطقة نمو الجذور، حيث أعطى أعلى حرارة فى منطقة نمو الجذور خلال الليل وكان من بين من أعطى أقل حرارة بعد الظهر (Diáz-Pérez ٢٠٠٩).

ووُجد لدى مقارنة تأثير ألوان مختلفة من الأغشية البلاستيكية للتربة على درجة الحرارة فى منطقة نمو الجذور (لنباتات الطماطم) أن المتوسط الحرارى لموسم النمو بلغ ٢٧,٥ْم تحت الغطاء البلاستيكى الأسود، و ٢٧ْم تحت الرمادى، و ٢٥,٨ْم تحت الفضى، و ٢٤,٨ْم تحت الأبيض (Diáz-Pérez وآخرون ٢٠٠٧).

تأثير لون الغطاء على النمو النباتى والمحصول

فى دراسة قورنت فيها تأثير عدة ألوان من الأغطية البلاستيكية للتربة على الطماطم وجد Decoteau وآخرون (١٩٨٨، و ١٩٨٩) أن استعمال الغطاء الأحمر أعطى أعلى

محصول مبكر وأعلى محصول من الثمار الصالحة للتسويق، وجاء بعده مباشرة استعمال البلاستيك الأسود، وكان المحصول الناتج من أى من المعاملتين أعلى بكثير مما فى حالة استعمال البلاستيك الأبيض أو البلاستيك الفضى اللون.

كذلك أثر لون الغطاء البلاستيكى على درجة حرارة التربة؛ حيث ارتفعت تحت البلاستيك ذى الألوان القاتمة، بينما أدى استعمال الأغطية الفاتحة اللون إلى زيادة شدة الإضاءة حول النباتات نتيجة انعكاس الضوء منها، لكن مع انخفاض فى نسبة الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة الحمراء؛ مقارنة بالضوء المنعكس فى حالة البلاستيك الأحمر أو الأسود.

وقد حصل الباحثون (Decoteau وآخرون ١٩٩٠) على نتائج متشابهة مع الفلفل فى دراسة قورن فيها تأثير البلاستيك الأحمر، والأسود، والأصفر، والأبيض على النمو النباتى، وشدة الضوء المنعكس من الغطاء ونوعيته.

وفى دراسة أجريت فى ولاية ألاباما الأمريكية قارن Brown وآخرون (١٩٩٢) استعمال ستة ألوان من الأغطية البلاستيكية للتربة مع البلاستيك الشفاف وترك التربة بدون غطاء، وحصلوا على أعلى محصول مبكر صالح للتسويق من الطماطم عند استعمال البلاستيك الألومنيومى، أو الأحمر، أو الأسود. بينما حصلوا على أعلى محصول كلى عند استعمال البلاستيك الأخضر أو الألومنيومى.

ويستدل من الدراسات — التى استعملت فيها أغطية بلاستيكية للرتبة بألوان مختلفة — على أن الأغطية التى تعمل على انعكاس نسبة من الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة الحمراء (R:FR) أعلى من النسبة الموجودة فى ضوء الشمس — الذى يصل إلى النباتات — تؤدى إلى زيادة النمو القمى للنباتات، وزيادة نسبة النمو القمى إلى النمو الجذرى، فى حين أن الأغطية — التى تعمل على انعكاس نسبة من الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة الحمراء أقل من النسبة الموجودة فى ضوء الشمس الذى يصل إلى النباتات — تؤدى إلى زيادة النمو الجذرى ونقص النمو القمى إلى النمو الجذرى للنباتات (Kasperbauer ١٩٩٢).

كما وجد أن أعلى امتصاص للأشعة الضوئية من الموجات النشطة فى عملية البناء الضوئى (من ٤٠٠–٧٠٠ نانوميتر nm) كان بواسطة الأغطية البلاستيكية السوداء اللون. وفى المقابل كان أعلى انعكاس لهذه الأشعة – وكذلك الأشعة الزرقاء (من ٤٠٠–٥٠٠ نانوميتر) – بواسطة الأغطية البلاستيكية البيضاء، وأقل انعكاس لها بواسطة الأغطية السوداء.

أما أعلى انعكاس للأشعة الحمراء ذات الموجات الطويلة والأشعة تحت الحمراء (٧٣٠–٧٤٠/٦٤٠–٦٥٠ نانوميتر) فكان بواسطة كل من الأغطية الفضية والحمراء (من أعلى) مع Alor (من أسفل).

وكانت أعلى نفاذية للأشعة من الموجات النشطة – فى عملية البناء الضوئى والأشعة الزرقاء – من خلال الأغطية البلاستيكية الشفافة.

وكانت أعلى درجة حرارة للتربة تحت كل من الأغطية السوداء، والأغطية الحمراء (من أعلى) مع Alor (من أسفل)، بينما كانت أقل حرارة للتربة تحت الأغطية البيضاء، وهى التى أعطت كذلك أقوى نمو نباتى وأعلى محصول (Hatt وآخرون ١٩٩٤).

يتميز الضوء المنعكس من الغطاء البلاستيكى الأحمر للتربة بانخفاض نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء به مقارنة بالنسبة فى ضوء الشمس الطبيعى، بينما لا يؤثر الغطاء البلاستيكى الأسود كثيرًا على تلك النسبة. هذا .. وتؤدى النسبة المنخفضة للأشعة الحمراء إلى تحت الحمراء إلى تحفيز حركة المواد الكربوهيدراتية إلى ثمار الطماطم النامية؛ مما يؤدى إلى التبكير فى الإنتاج. كذلك فإن كثيرًا من الأغطية البلاستيكية الملونة – بما فى ذلك الأغطية الحمراء – تتميز بالشفافية translucent؛ بما يؤدى إلى ارتفاع حرارة التربة خلال فترة الربيع المبكر. مما يؤدى إلى تحفيز النمو النباتى والتبكير فى الإزهار ونضج الثمار.

وجد أن الغطاء البلاستيكى الأحمر الذى يتحلل بالضوء – والذى وضع تحته بلاستيك أسود – أدى إلى زيادة محصول ثمار الطماطم طالما كان سليمًا، لكن المحصول

انخفض ليماثل محصول معاملة الكنترول التى استعمل فيها البلاستيك الأسود — منفردًا — بعد تحلل البلاستيك الأحمر. أما الغطاء البلاستيكى الأحمر الذى لا يتحلل فإنه أعطى محصولاً أعلى. وقد ازداد المحصول المبكر سواء وضع البلاستيك الأحمر منفردًا فوق التربة، أم فوق غطاء من البلاستيك الأسود. وقد استنتج أن الزيادة فى محصول الطماطم عندما استعمل البلاستيك الأحمر كان مرده إلى إعكاس الغشاء للأشعة تحت الحمراء نحو النباتات، وتأثير ذلك على تنظيم البناء الضوئى عبر تأثير الأشعة على الفيتوكروم (Kasperbauer & Hunt ١٩٩٨).

كما وجد عند مقارنة استعمال البلاستيك الأحمر والأسود كغطاءين للتربة عند إنتاج الفراولة أن محصول النبات وحجم الثمرة كانا أعلى عند استعمال البلاستيك الأحمر مقارنة بالبلاستيك الأسود. ويرجح أن مرد ذلك كان للأشعة الحمراء وتحت الحمراء التى عكسها البلاستيك الأحمر، والتى أثرت فى توزيع الغذاء المجهز الذى ينظمه صبغة الفيتوكروم، حيث اتجهت نسبة عالية منه للثمار (Kasperbauer ٢٠٠٠).

وبالمقارنة .. أنتجت نباتات الفلفل أكبر عدد من الجذور الجانبية عندما استخدم غطاء بلاستيكى فضى للتربة، وكان العدد متوسطًا فى معاملة الكنترول غير المغطاة بالبلاستيك ومعاملة الغطاء البلاستيكى الأسود، وأقل ما يمكن عندما استخدم غطاء بلاستيكى أحمر. وقد أثر الغطاء البلاستيكى للتربة على العدد الكلى للجذور العرضية والجانبية، لكنه لم يؤثر فى بناء المجموع الجذرى (Gough ٢٠٠١).

صلاحية لون الغطاء البلاستيكى لمختلف الأغراض ولمختلف المحاصيل

يمكن القول إجمالاً أن البلاستيك الفضى طارد للمنّ، والبلاستيك الأزرق جاذب للتربس، والبلاستيك الأصفر جاذب للحشرات.

وعند اختيار لون الغطاء المناسب لمختلف محاصيل الخضر، يراعى ما يلى (Orzolek & Lamont ٢٠٠٣):

المحصول	اللون المناسب للغطاء	ملاحظات
الطماطم	الأحمر	يعطى اللون الأحمر ١٢٪ زيادة فى المحصول مقارنة بالأسود – تنخفض شدة اللإصابة بالندوة المبكرة، ولا يكون البلاستيك الأحمر مؤثرًا فى الظروف البيئية المثالية
الفلفل	الفضى	يُعطى اللون الفضى زيادة ٢٠٪ فى المحصول وحجم الثمار مقارنة بالأسود
الباذنجان	الأحمر	يُعطى اللون الأحمر ١٢٪ زيادة فى المحصول مقارنة بالأسود، خاصة فى ظروف الشدّ الحرارى والرطوبى
الكنتالوب	المنفذ للأشعة تحت الحمراء (IRT) والأزرق القاتم	يزيد المحصول بنسبة ٣٥٪ مقارنة باستعمال البلاستيك الأسود
الخيار	الأزرق القاتم	يُعطى اللون الأزرق القاتم ٣٠٪ زيادة فى المحصول مقارنة بالأسود
الكوسة	الأزرق القاتم	يُعطى اللون الأزرق القاتم ٢٠٪ زيادة فى المحصول مقارنة بالأسود

تأثيرات الغطاء البلاستيكى على الإصابات الفيروسية والحشرية والأكاروسية

تلعب الأغطية البلاستيكية للتربة دورًا فعالاً فى خفض معدلات الإصابات الحشرية، وبذا .. فهى تخفض كذلك معدلات الإصابة بالفيروسات التى تنقلها تلك الحشرات إلى النباتات. ويحدث هذا التأثير إما من خلال إرباك الغطاء للحشرة بسبب ما يعكسه من ضوء، وإما بسبب جذب الغطاء للحشرة — بسبب لونه المميز لها — ثم موتها بفعل ملامستها للغطاء الساخن.

فقد وجد Smith وآخرون (١٩٦٤) أن وجود شرائح ألومونيومية عاكسة للضوء بين خطوط الجلاديولس، ونبات الـ *Veronia anthelmintica* قلل أعداد حشرة المنّ التى تم اصطيادها — فى أوعية صفراء تحتوى على ماء — بمقدار ٩٦٪، و ٩٨٪ فى النوعين النباتيين، على التوالى. وقد صاحب ذلك انخفاض معدل الإصابة بفيرس موزايك الخيار — فى الجلاديولس

— بنسبة ٦٧٪، بينما لم تحدث أية إصابة بالفيرس فى *V. anthelmintica*. كما كان لمعاملة رش مسحوق ألومونيومى نفس فاعلية استعمال شرائح الألومونيوم.

وقد كانت معاملة الألومونيوم فعّالة كمنفّرة وطاردة لما لا يقل عن ١٢ نوعًا من المنّ؛ منها عدة أنواع تعرف بكثرة نقلها للفيروسات، مثل منّ الخوخ، ومنّ البطاطس.

ومما يزيد من أهمية الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء — فى خفض معدلات الإصابة بالفيروسات التى ينقلها المنّ — أن مكافحة المنّ الناقل للفيروسات بالمبيدات نادرًا ما يمنع الإصابة بالفيروسات غير المتبقية nonpersistent (التى تكتسبها الحشرة بمجرد التغذية على نبات مصاب بالفيرس، وتكون قادرة على نقله إلى نبات سليم على التو وبمجرد تغذيتها عليه)؛ لأنها تنتقل إلى النباتات السليمة قبل موت الحشرة الناقلة لها. هذا .. إلا أن استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء أفاد — فى حالات كثيرة — فى خفض معدلات الإصابة بتلك الفيروسات.

ويستدل من دراسات Wyman وآخرين (١٩٧٩) أن أعداد حشرة المنّ المجنح المهاجر إلى حقول الكوسة انخفضت بنسبة ٩٦٪، و ٦٨٪ عند استعمال أغطية بلاستيكية — للتربة — ألومونيومية وبيضاء اللون على التوالى. وقد شكل منّ الخوخ الأخضر نحو ٩٢٪ من أعداد المنّ التى تم اصطيادها، والتى كانت من ١٦ نوعًا.

وبينما بلغت نسبة الإصابة بفيرس موزايك البطيخ (وهو الفيرس الوحيد الذى وجد بالحقل) نحو ٩٠٪ فى معاملة الشاهد، فإن الإصابة انخفضت بنسبة ٩٤٪، و ٧٧٪ فى معاملتى أغطية التربة على التوالى. وقد صاحب ذلك زيادة فى المحصول بلغت حوالى ٤٣٪، وكانت الزيادة أكبر فى المحصول المبكر؛ حيث بلغت ٨٥٪، و ٦٩٪ فى معاملتى أغطية التربة على التوالى.

وقد وجد Schalk & Robbins (١٩٨٧) أن استعمال الأغطية البلاستيكية الألومونيومية للتربة فى حقول الطماطم كان طاردًا لحشرة المنّ، ولكنه أدى إلى زيادة الإصابة بحشرتى دودة ثمار الطماطم (*Helicoverpa zea*) والـ tomato pinworm (*Keiferia lycopersicella*).

وقد أوضحت دراسات Greenough وآخرين (١٩٩٠) أن استعمال تلك الشرائح البلاستيكية ذات السطح الألومنيومى مع محصولى الطماطم والفلفل أدى إلى تخفيض أعداد حشرة التربس التى أمكن اصطيادها بنسبة ٦٨٪ فى الطماطم، و ٦٠٪ فى الفلفل. وصاحب ذلك نقص فى نسبة الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع — الذى ينقله التربس — بنسبة ٦٤٪ فى الطماطم، و ٧٨٪ فى الفلفل.

هذا .. وقد تبين من دراسات Lamont وآخرين (١٩٩٠) أن طلاء شريط ألومنيومى على سطح الأغطية البلاستيكية السوداء أو استعمال أغطية عاكسة للضوء — بيضاء أو ألومنيومية — ادى (فى ولاية كارولينا الشمالية) إلى تأخير ظهور أعراض الإصابة بفيرس تبرقش البطيخ رقم ٢ فى الكوسة الذى ينقله المنّ، ولكنه لم يمنع الإصابة أو انتشارها، وخاصة فى نهاية موسم النمو.

وفى ولاية ألاباما الأمريكية وجد Brown & Brown (١٩٩٢) أن حشرة التربس كانت أكثر تواجدًا على نباتات الطماطم التى استعمل فى إنتاجها غطاء بلاستيكى أبيض للتربة، مقارنة باستعمال غطاء بلاستيكى أسود، أو بلاستيكى بلون الألومونيوم، أو البلاستيك الأزرق. كما وجدت أقل أعداد التربس عندما استعمل البلاستيك الألومنيومى، وأقل أعداد الذبابة البيضاء عندما استعمل البلاستيك الأصفر. وكان نقص أعداد الذبابة البيضاء عندما استعمل البلاستيك الأصفر مصاحبًا بتأخير فى ظهور أعراض الإصابة بفيرس تبرقش الطماطم tomato mottle virus — الذى تنقله الذبابة البيضاء.

وقد انخفضت شدة الإصابات الفيروسية فى حقول الكوسة — فى ولاية أوكلاهوما الأمريكية — عند استعمال أى من أغطية التربة البلاستيكية البيضاء، أو الألومنيومية العاكسة للضوء، أو السوداء المطلية بالألومنيوم، وكانت أكثرها فاعلية فى زيادة المحصول وخفض الإصابة الفيروسية الأغطية الألومنيومية العاكسة للضوء (Conway وآخرون ١٩٨٩).

كما درس Brown وآخرون (١٩٩٣) تأثير عدة ألوان من أغطية التربة البلاستيكية

فى حقول الكوسة على أعداد حشرة المنّ، ومدى انتشار الإصابة بفيروسات موزايك البطيخ رقمى ١ و ٢، وموزايك الزوكينى الأصفر، وموزايك الكوسة. أوضحت الدراسة أن البلاستيك الفضى اللون أعطى محصولاً قليلاً للتسويق أعلى من الكنترول (بدون غطاء بلاستيكى للتربة). وكانت الألوان الأخرى المستخدمة (الأبيض، والأصفر، والأسود بحافة صفراء) متوسطة فى تأثيرها على أعداد المنّ والإصابات الفيروسية. وقد أدى استعمال الغطاء البلاستيكى الفضى منفردًا — بدون استعمال المبيدات الحشرية — إلى تأخير بداية ظهور مختلف الإصابات الفيروسية بنحو ١٠–١٣ يومًا.

كلك وجد أن الأغطية ذات السطح الألومنيومى تقلل من شدة الإصابة بالتربس (*Frankliniella* sp.)، ولكن هذا التأثير اضمحل تدريجيًّا مع اختفاء الغطاء البلاستيكى تحت النمو الخضرى للطماطم (عن Csizinszky وآخرين ١٩٩٥).

ويستدل من دراسات Csizinszky وآخرين (١٩٩٥) — التى استعملوا فيها أغطية بلاستيكية زرقاء، وبرتقالية، وحمراء، وألومنيومية، وصفراء، وبيضاء — على أن أعداد حشرة المنّ التى تم اصطيادها من على نباتات الطماطم كانت أقل ما يمكن عندما استعمل البلاستيك الألومنيومى والأصفر، وكانت أعلى ما يمكن عندما استعمل البلاستيك الأزرق. كما وجدت أقل أعداد التربس عندما استعمل البلاستيك الألومنيومى، وأقل أعداد الذبابة البيضاء عندما استعمل البلاستيك الأصفر. وكان نقص أعداد الذبابة البيضاء عندما استعمل البلاستيك الأصفر مصاحبًا بتأخير فى ظهور أعراض الإصابة بفيرس تبرقش الطماطم tomato mottle virus — الذى تنقله الذبابة البيضاء — وزيادة المحصول.

كما وجد أن الأغطية البلاستيكية الصفراء — وبدرجة أقل الأغطية البرتقالية اللون — تجذب إليها حشرة منّ الخوخ *Myzus persicae* (عن Csizinszky وآخرين ١٩٩٥).

ووجد أن أعداد حشرة خنفساء الخيار على نباتات صنفين من البطيخ كانت أعلى فى حالة استعمال غطاء بلاستيكى أحمر عاكس للضوء أو غطاء بلاستيكى أصفر للتربة عما كان

عليه الحال عندما استخدم غطاء بلاستيكى فضى عاكس منفردًا أو على غطاء أسود (Andino & Motsenbocker ٢٠٠٤).

وبذا .. يستدل — من عديد من الدراسات — أن أغطية التربة العاكسة للضوء (ذات السطح الألومنيومى Aluminum-Surfaced Film Mulch) تخفض الأعداد المجنحة لحشرة المنّ التى تحط على النباتات التى تنمو فوق تلك الأغطية؛ الأمر الذى يقلل من الإصابة ببعض الأمراض الفيروسية التى ينقلها المنّ، وكذلك الإصابة بحشرات المنّ، والتربس، وصانعات الأنفاق بالأوراق Leaf Miners فى مختلف الخضروات.

كما يفيد استخدام البلاستيك الأصفر — فى حالة الطماطم — فى خفض معدلات الإصابة المبكرة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم؛ لأنه يجذب إليه حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس؛ مما يؤدى إلى موتها بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن (عن Cohen & Melamed-Madjar ١٩٧٨).

وقد وجد أن استعمال الأغطية البلاستيكية الصفراء للتربة مع الرش اليومى لنباتات الطماطم بمبيد Smash أدى إلى خفض الإصابة بالفيرس فى صنف الطماطم TY20 إلى ٢,٢٪ (فى وادى الأردن الذى تكون الإصابة فيه بالفيرس عالية للغاية فى العروة الخريفية)، مقارنة بنحو ٤٥٪ باستعمال بلاستيك شفاف مع الرش أسبوعيًّا بالمبيد (عن Zamir وآخرين ١٩٩١).

ومن المتوقع — كذلك — أن يكون للأغطية الصفراء تأثير مماثل على الفيروسات الأخرى التى تنقلها الذبابة البيضاء إلى القرعيات؛ مثل تجعد أوراق الكوسة، ومختلف الفيروسات التى تحدث اصفرارًا بين العروق فى الأوراق المسنة لمختلف القرعيات، وخاصة الخيار والقاوون (Hassan وآخرون ١٩٩٠، و ١٩٩١).

تأثير الغطاء البلاستيكى على رطوبة التربة

برغم أن البلاستيك يقلل من فقد الماء بالتبخر من سطح التربة، إلا أنه يزيد — فى نفس الوقت — من استهلاك الرطوبة بتشجيع النمو الخضرى الغزير؛ وبذلك نجد فى

الأراضى الخفيفة أن النباتات تستفيد من الرى — فى وجود الغطاء البلاستيكى — أكثر مما لو كانت التربة بدون غطاء.

تأثير الغطاء البلاستيكى على طبيعة التربة

يؤدى استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة إلى بقاء التربة فى حالة مفككة وجيدة التهوية، وحمايتها من تأثير قطرات المطر؛ فيقلل من فرصة التعرية، إلا أنه عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى، فإن الغطاء البلاستيكى قد يضر؛ وذلك بسبب زيادة الرطوبة إلى درجة تؤدى إلى نقص التهوية عن الحد الأدنى الضرورى.

تأثير الغطاء البلاستيكى على تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى بيئة النبات

لاحظ عديد من الباحثين زيادة ملحوظة فى إنتاجية محاصيل الخضر عند استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة؛ فمثلاً .. تصل الزيادة فى محصول الباذنجان إلى ٣٠٠٪. وقد أرجعت تلك الزيادة إلى عدة عوامل، كان منها تأثير الغطاء البلاستيكى على تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى بيئة النبات.

نجد أن مستوى غاز ثانى أكسيد الكربون يتباين كثيرًا فى التربة؛ حيث يتراوح — فى الظروف الطبيعية — من ٠,٠٣٪ إلى ٢٥٪. وتحدث زيادة كبيرة فى تركيز الغاز عند استعمال الأغطية البلاستيكية. فمثلاً .. وصل تركيز الغاز عند فتحات الزراعة فى الغطاء البلاستيكى — فى إحدى الدراسات — إلى أربعة أمثال تركيزه فى الهواء الجوى. وفى دراسة أخرى كان تركيز الغاز ١٣,٣٪ على عمق ١٥ سم، و ١,٢٪ على عمق ٥ سم تحت الغطاء، مقارنة بتركيز ٢٪، و ٠,١٩٪ عند العمقين — على التوالى — بدون الغطاء.

ويرى بعض الباحثين أن الزيادة فى المحصول عند استعمال الغطاء البلاستيكى ربما ترجع إلى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون حول الجذور، وخاصة أن الجذور

يمكنها امتصاص الغاز. ومما يؤيد ذلك أن زيادة تركيز الغاز حول الجذور أدت إلى زيادة المادة الجافة في كل من البطاطس والموالح. كما وجد Baron & Gorski (١٩٨٦) أن زيادة تركيز الغاز حول جذور الباذنجان — تحت ظروف النهار الطويل والحرارة العالية — أدت إلى زيادة قطر ساق النبات ومساحته الورقية ومحتواه من المادة الجافة.

الأساس الفسيولوجي للزيادة في المحصول الناشئة عن استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة

من المعلوم أن الأشعة التي تنعكس من الغطاء يمكن أن تؤثر في عديد من العمليات الحيوية بالنبات حسب الطول الموجي للأشعة المنبعثة. فالأشعة ذات الطول الموجي ٤٤٠—٤٩٥ نانوميتر تؤثر في كل من الانتحاء الضوئي phototropism والبناء الضوئي، بينما يؤثر الضوء الأحمر ذات الطول الموجي ٦٢٥—٨٠٠ نانوميتر في كل من البناء الضوئي وإنبات البذور والنمو الخضرى للبادرات والنباتات وتمثيل الأنثوسيانين.

وتتوفر ألوان عديدة من الأغطية البلاستيكية للتربة، منها الأسود والأحمر والأصفر والأزرق والرمادي والبرتقالي والفضي والأبيض والشفاف، والتي يتميز كل لون منها بأن الأشعة الضوئية المنعكسة منه نحو النموات النباتية الهوائية تكون بطول موجي معين (شكل ١٥—٤؛ يوجد في آخر الكتاب).

كذلك فإن لون الغطاء البلاستيكي لا يؤثر فقط على النمو النباتي، وإنما كذلك على استجابات الحشرات. فمثلاً تجذب الألوان الصفراء والحمراء والزرقاء إليها حشرة منّ الخوخ الأخضر، وخاصة اللون الأصفر، الذي يجذب إليه — كذلك — خنافس الخيار المخططة والمبقعة. ويمكن الاستفادة من تلك الخاصية في عمل شريط من الأرض يغطى بالبلاستيك الأصفر كل عدة خطوط من المحصول تغطى باللون المناسب له؛ وذلك ليكون مصيدة للحشرات.

وتؤثر درجة نفاذية كل من تلك الألوان للضوء على كثافة نمو الحشائش تحتها (University of Connecticut ،٢٠٠٥ و Lamont ٢٠٠٥).

وبصورة عامة .. يمكن اعتبار الزيادة فى المحصول الناشئة عن استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة محصلة للعوامل التالية:

١- يتم القضاء على الحشائش؛ فلا تُنافس المحصول (شكل ١٥-٥؛ يوجد فى آخر الكتاب).

٢- لا يحدث أى ضرر لجذور النباتات أو نمواتها الخضرية من جَرَّاء العزيق؛ حيث لا تكون هناك حاجة إلى إجراء عملية العزيق.

٣- الارتفاع الذى يحدث فى درجة حرارة التربة يناسب بعض المحاصيل عندما تكون درجة حرارة الجو منخفضة نسبيًّا.

٤- كثير من المحاصيل التى تستجيب للبلاستيك الأسود ذات جذور سطحية، وتحتاج إلى مستوى مرتفع من الأكسجين فى التربة لكى تنمو وتعمل بكفاءة؛ فإذا حدث ضرر للجذور التى توجد فى الـ ٥-١٠ سم العلوية من التربة أثناء العزيق، فإن الجذور التى تنمو على عمق أكبر من ذلك لن تكون بنفس الكفاءة؛ وذلك بسبب نقص الأكسجين فى الطبقات السفلى من التربة من جهة، وبسبب انخفاض درجة الحرارة من جهة أخرى. كما أن كثيرًا من هذه الجذور — تحت الظروف الطبيعية — توجد فى الطبقة السطحية من التربة؛ ومن ثم تتأثر النباتات بحالات الجفاف — بشدة — بسبب التبخر السطحى، بالإضافة إلى أن قطرات ماء المطر أو ماء الرى بالرش تؤدى إلى اندماج التربة؛ مما يقلل من نفاذ الأكسجين إلى الجذور.

من ذلك نرى أن الغطاء البلاستيكى يعمل على تشجيع نمو الجذور فى الطبقات السطحية من التربة؛ حيث تتوفر الرطوبة، والأكسجين، والحرارة المناسبة، والعناصر الغذائية؛ وحيث تنشط عملية التأزت (Carolus ١٩٧٠).

٥- خفض معدلات الإصابة الحشرية والفيروسية كما أسلفنا.

٦- تحفيز النمو النباتى الجذرى والخضرى، وزيادة امتصاص العناصر:

وجد أن استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة يحدث زيادة كبيرة فى محصول الطماطم ونموها الخضرى. وتبين أن البوليثيلين الشفاف يحفز النمو الجذرى بعد فترة قصيرة من الشتل، كما يؤدى الغطاء إلى زيادة عدد الأفرع الخضرية، وتبكير الإزهار، وتركيز العناصر الغذائية فى النموات الخضرية.

وقد اقْتُرح ان استعمال الغطاء البلاستيكى ربما يحفز النمو الخضرى بتدفئة ساق النبات بواسطة الهواء الدافئ الذى يتسرب من الفتحات التى توجد فى البلاستيك والتى تنمو من خلالها النباتات، إلا أن إغلاق تلك الفتحات لمنع تسرب الغاز منها لم يؤثر على درجة تفرع النموات الخضرية، بالرغم من أن درجة حرارة الهواء — بالقرب من سيقان النباتات — كانت أعلى عندما تركت الفتحات دون إغلاق.

ويستدل مما تقدم على أن الزيادة التى تحدث فى النمو الخضرى — عند استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة — ترجع إلى تحفيز النمو الجذرى وزيادة امتصاص النبات للعناصر (Wien وآخرون ١٩٩٣).

كما وُجد أن الزيادة فى محصول الطماطم عند استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة كانت مُصَاحَبة بزيادة فى محتوى النموات الخضرية من عنصر الفوسفور، ولكن الزيادة فى المحصول استمرت مع استعمال الغطاء، حتى حينما كان تركيز الفوسفور ٠,٤٪ بعد ثلاثة أسابيع من الشتل فى المعاملات التى لم يستعمل فيها الغطاء؛ مما يدل على أن للغطاء البلاستيكى تأثيرات أخرى إلى جانب تحسين امتصاص الفوسفور (Grubinger وآخرون ١٩٩٣).

تأثر الأغطية البلاستيكية للتربة بالظروف البيئية والمبيدات

وجد أن الأغطية البلاستيكية البيضاء العاكسة للضوء (على السوداء) تتأثر بشدة بالمبيدات ودرجة الحرارة والأشعة فوق البنفسجية فى المناطق الحارة. فالطبقة البيضاء يمكن أن تتحطم مبكرًا بفعل الرش بالمبيدات؛ مما يزيد من الفقد الرطوبى ونمو الحشائش، ويؤدى إلى نقص المحصول. ومن المهم التنبه إلى أن المبيدات النحاسية تُسرع من تحلل البلاستيك، كما تسرع المبيدات الزيتية من التحلل بإفقاد البلاستيك لمتانته، مما يزيد من حساسيته للتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية، كما أن الجو الحار يزيد من حساسية الغشاء البلاستيكى للتفاعل بين المبيد الزيتى والأشعة فوق البنفسجية (Carnell ١٩٩٦).

الأغطية العضوية للتربة

انتشر فى الماضى استعمال أغطية عضوية للتربة organic mulches، مثل: أوراق الشجر، أو القش، أو التبن، أو البيت موس وخلافه؛ وذلك بغرض الحد من نمو الحشائش، والمحافظة على رطوبة التربة وتجانس درجة حرارتها خلال اليوم. ويستعمل البيت موس كغطاء للتربة بسمك ٢,٥ سم، وباقى المواد العضوية بسمك ٥-٧,٥ سم، خاصة بين خطوط الزراعة وحول النباتات.

ويقتصر استعمال الأغطية العضوية للتربة - حاليًا - على الزراعات الكثيفة، وفى الحدائق المنزلية، وفى حالة المحاصيل التى يخشى من تلوث ثمارها بالتربة، مثل الفراولة.

ونظرًا لأن جميع الأغطية العضوية تتحلل تدريجيًا فى التربة، فإنها تؤدى إلى افتقار التربة إلى النيتروجين، وهو الأمر الذى يستدعى إضافة بعض الأسمدة الآزوتية بكميات تكفى لسد حاجة كل من: المحصول المزروع، والكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل هذه المواد العضوية.

ويؤدى استعمال الأغطية العضوية للتربة إلى تحقيق الفوائد التالية:

١- تقليل فقد الماء من التربة.

٢- الحد من ارتفاع درجة حرارة التربة كثيرًا أثناء النهار صيفًا، والحد من فقدها من التربة شتاءً.

٣- التقليل من انجراف التربة بفعل المطر الغزير.

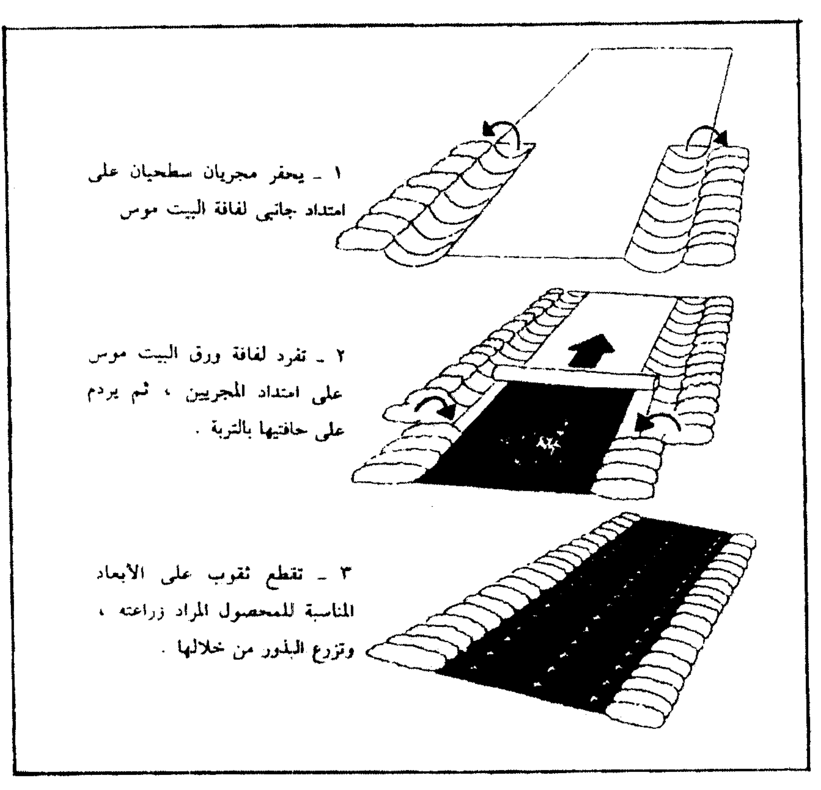
٤- منع نمو الحشائش.

٥- منع ملامسة الثمار السفلى للتربة وتلوثها (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

ويُعاب على جميع أنواع الأغطية العضوية للتربة أنها قد تتحلل مبكرًا قبل انتهاء موسم النمو؛ الأمر الذى قلل من انتشارها على نطاق واسع (Greer & Dole ٢٠٠٣).

أغطية البيت

أنتجت بعض الشركات (مثل شركة Hasselfors Garden السويدية) لفائف من الورق المصنوع من البيت موس الذى يتحمل الاستعمال لمدة سنة ونصف، دون أن يتمزق. ويباع على لونين: بنى مصفر وأسود. ويوضح شكل (١٥-٦) طريقة تثبيت لفافة ورق البيت فى التربة والزراعة من خلاله.



شكل (١٥-٦): تثبيت غطاء التربة من لفائف ورق البيت موس.

الأغطية الورقية للتربة

يُغَطَّى سطح التربة فى هذه الحالة بورق عادى papper mulch يباع على شكل لفائف، ثم تتم الزراعة من خلال الغطاء، كما فى شكل (١٥-٦). ويعيب الأغطية

الورقية أنها مكلفة للغاية؛ لذا فإنه لا ينصح باستعمالها إلا مع المحاصيل العالية القيمة، والتى تستجيب لها جيدًا.

هذا .. ويفضل استعمال الورق الثقيل لمنع وصول الضوء إلى التربة، كما يجب عدم استعمال الورق الذى يحتوى على مواد ذائبة، أو مواد طيارة تضر بالنبات. ويعامل الورق عادة بالمبيدات الفطرية لتجنب تحلله مبكرًا.

ويؤدى استعمال الغطاء الورقى إلى حفظ رطوبة التربة بتقليل الفاقد بالتبخر، والفاقد عن طريق الحشائش، كما ترتفع درجة حرارة التربة عدة درجات تحت الغطاء الورقى الأسود، ولكن درجة الحرارة قد تنخفض تحت الغطاء الفاتح اللون فى بعض الظروف الجوية.

وعادة ما تستجيب نباتات الموسم الدافئ — مثل الخيار، والقاوون، والباذنجان، والفلفل — للغطاء الورقى الأبيض بإنتاج محصول مبكر، ومحصول كلى مرتفع، كما تتحسن نوعية هذه المحاصيل؛ فتكون الثمار أكبر وأنظف. ولكن لا تجنى هذه الفوائد إلا إذا كانت الظروف أصلاً غير مناسبة للمحصول. أما محاصيل الموسم البارد — مثل: الخس، والبنجر، والكرنب، والقنبيط، فإنها لا تستجيب للأغطية الورقية للتربة.

هذا .. ويتوفر ما يعرف بالـ eco-cover paper mulch mat وهو مُنتج نيوزيلندى عبارة عن حصيرة غطاء عضوى يتحلل بيولوجيًّا فى التربة وتتكون حتى ٨٧٪ من فاقد الورق. يُصنَّع الـ eco-cover مثل السندوتش، فيكون به طبقتان من ورق الكرافت المعاد تدويره يوجد بينهما طبقة من فاقد الورق المكتبى الأبيض. تحمل الحصيرة فى بنائها مواد مثل الأسمدة العضوية وإضافات التربة والعناصر (Eco-cover — الإنترنت — ٢٠٠٨ http://www.ecocover-america.com/).

أغطية التربة المصنعة من مواد تتحلل بيولوجياً

تتوفر أنواع من الأغطية تُصَنَّع من مواد عضوية مثل نشا الذرة والبطاطس وتتحلل بيولوجيًّا، وهى تتوفر بسمك يتراوح بين ١٢، و ٢٥ ميكرونًا.

كذلك تتوفر أغطية للتربة تتحلل لدى تعرضها لضوء الشمس ويبلغ سمكها ١٥ ميكرونًا، إلاّ أن أجزاء الغطاء التى تكون مظللة لا تتحلل (Arméndariz وآخرون ٢٠٠٧).

وقد قورن استعمال ثلاثة منتجات تجارية من الأغطية البلاستيكية القابلة للتحلل biodegradable plastics (هى: Mater-Bi، و Biofilm، و Bioflex) مع استعمال البلاستيك الأسود، ووجد أن الثلاثة أنواع القابلة للتحلل باشرت بالتحلل خلال موسم النمو، وكان أسرعها الـ Biofilm، إلاّ أن ذلك لم يؤثر سلبيًا على محصول الطماطم. ولم تكن هناك حاجة لإزالة تلك الأغطية فى نهاية موسم الزراعة والتخلص منها خارج الحقل مثلما كان الحال مع البلاستيك الأسود (Martin-Closas ٢٠٠٨).

كما استخدمت مواد قابلة للتحلل البيولوجى يحتوى على النشا كغطاء للتربة فى حقول الطماطم، حيث قورنت مع استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة. وبالرغم من بدء التحلل البيولوجى للأغطية البيولوجية مبكرًا، إلا أن فاعليتها استمرت خلال فترة النمو المحصولى، ولم يكن لها تأثيرات سلبية على محصول الثمار أو جودتها. وبالمقارنة .. فإن حرارة التربة تحت البلاستيك الأسود كانت — دائمًا — أعلى مما كانت عليه تحت الغطاء البيولوجى (Moreno & Moreno ٢٠٠٨).

لا يُحدث تحلل تلك الأغطية أى تأثيرات سلبية على البيئة، والنواتج الأساسية للتحلل هى إطلاق كميات قليلة من ثانى أكسيد الكربون والماء، كما قد يترك وراءه فى التربة آثار ليست مؤثرة من النيكل أو عناصر أخرى حسب نوع الغطاء.

غطاء التربة من الرغوة العضوية

أمكن تطوير نظام من الرغوة foam لتغطية التربة يمكن تطبيقه كمخلوط مائى من ألياف القطن أو السيليلوز والصمغ والنشا والمواد الناشرة والسابونينات؛ ليجف كطبقة بسمك ٢,٥ سم. يسهل عمل هذا الملش وتستمر فاعليته وبقاءه عن أنواع الملش الطبيعية الأخرى، كما يمكن حراثته فى التربة بعد موسم الحصاد دونما حاجة إلى التخلص منه مثلما يكون عليه الحال مع الأغطية البلاستيكية. يستمر ملش الفوم بحالة جيدة طوال

موسم النمو ويعمل على منع نمو الحشائش، حيث لم تَنْمُ أى حشائش فى وجود الملش إلاّ من خلال الثقوب التى عُملت فيه للزراعة من خلالها (Masiunas وآخرون ٢٠٠٣).

أغطية التربة من بقايا النباتات

يمكن فى المناطق التى يسودها شتاء قارص البرودة زراعة الحقل بمحاصيل متنوعة لتغطية التربة cover crops يمكنها تحمل البرودة، وتعمل فى الوقت ذاته على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وإعادة الاستفادة من متبقيات العناصر المغذية، وإنتاج كتلة بيولوجية جيدة، ومنع تعرية التربة خلال فصلى الشتاء والربيع. يتم إما قطع النموات النباتية أو قتلها باستعمال مبيدات الحشائش لتكون غطاء للتربة mulch (شكل ١٥-٧؛ يوجد فى آخر الكتاب). وقد تبين لدى شتل الطماطم فى أغطية كهذه من البيقة الزغبية hairy vetch (وهى: *Vicia villosa*)، أو نوع البرسيم: crimson clover (وهو: *Trifolium incarnatum*)، أو الجاودار (الراى) rye (وهو: *Secale cereale*) + البيقة الزغبية .. تبين أنها كانت أعلى محصولاً من تلك التى استخدم معها البلاستيك الأسود كملش، وكانت ثمارها أكبر حجمًا، كما احتوت أوراقها على تركيزات أعلى من النيتروجين بعد ٨ أسابيع من الشتل على الرغم من أن المعاملات التى استعمل فيها الملش النباتى استعمل معها نصف معدل التسميد بالنيتروجين الذى استعمل مع معاملة غطاء البلاستيك الأسود (Abdul-Baki وآخرون ١٩٩٦).

وقد توصل Burgos وآخرون (١٩٩٩) إلى نتائج مماثلة — تقريبًا — لما سبق بيانه، بالإضافة إلى إحداث الغطاء النباتى من الراى + البيقة لانخفاض فى معدل الإصابة بالسعد yellow nutsedge (وهو: *Cyperus esculentus*) بلغت ٩٥٪ مقارنة بالغطاء البلاستيكى الأسود للتربة، وإلى تأخير فى بداية الحصاد مع زيادة فى طول موسم الحصاد.

وتفيد هذه النوعية من أغطية التربة فى مكافحة الحشائش، وتتوقف درجة المقاومة على النوع النباتى المزروع لهذا الغرض وكمية المخلفات النباتية التى يتركها، وأنواع الحشائش التى يُراد مكافحتها.

وكلما ازدادت كمية المخلفات العضوية للمحصول المستخدم كغطاء كلما ازدادت مكافحة الحشائش حتى ٧٥٪–٩٠٪. ويقل مستوى مكافحة الحشائش أثناء موسم النمو المحصولى تبعًا لمعدل تحلل المخلفات النباتية. وكلما ازدادت طبقات المخلفات كلما ازدادت كفاءة المكافحة. وتكون مكافحة الحشائش ذات البذور الصغيرة الحجم — عادة — أكثر كفاءة من مكافحة الحشائش ذات البذور الكبيرة الحجم (University of Connecticut ٢٠٠٧).

قش الأرز كغطاء (ملْش) للتربة

أدى استعمال غطاء للتربة من قش الأرز بسمك ١٥ سم فى حقول إنتاج البطاطس إلى تقليل الحاجة للرى من ٦–٧ ريات إلى ٤–٥ ريات فقط، مع خفض كمية ماء الرى المستعملة من٢٠٠–٢١٦ مم إلى ١٣٧–١٤٦مم خلال موسم النمو. وأدى استعمال ملش القش إلى زيادة محصول الدرنات عند نفس المستوى الرطوبى بالتربة (Saha وآخرون ١٩٩٧).

الغطاء النباتى – النامى - للتربة

تستخدم الأغطية النباتية للتربة إما كأغطية حية أثناء النمو المحصولى أو بعد قتلها قبل زراعة محصول الخضر، وتكون — عادة – – من الحبوب الصغيرة أو البقول أو الصليبيات. ويعيب استخدام الأغطية النباتية الحية أنها تنافس المحصول المزروع على الماء والغذاء والمكان (Masiunas ١٩٩٨).

وقد ظهر الاتجاه فى السنوات الأخيرة نحو استعمال الغطاء النباتى "الحى" للتربة فى حقول الخضر، وذلك بعد أن تضخمت مشكلة التخلص من البلاستيك المستخدم كغطاء للتربة، وما يسببه من تلوث للبيئة.

يُعرف الغطاء النباتى الحىّ Living Mulch بأنه نظام للإنتاج النباتى، يزرع فيه المحصول المرغوب فيه مباشرة مع نوع نباتى آخر نام يستعمل كغطاء للتربة.

توفر أغطية التربة من النباتات الحية living mulches حماية لكل من التربة والمحصول المزروع، فهى تُحسِّن من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية،

وتقلل من منافسة الحشائش للمحصول وإصابته بالحشرات. هذا إلاّ إن الغطاء النباتى الحىّ يمكن أن ينافس المحصول المزروع على العناصر الغذائية والماء والمكان. ويتوقف نجاح اللجوء إلى النباتات الحية كغطاء للتربة على الاختيار الصحيح للنوع النباتى وموعد زراعته وطرق التحكم فى نموه مثل الجزّ. وتكون زراعة هذه النباتات — عادة — بعد عدة أسابيع من زراعة المحصول الاقتصادى.

ومن بين أكثر الأنواع النباتية التى يوصى بها للزراعة كأغطية للتربة، ما يلى (Adamczewska-Sowinska ٢٠٠٩).

العائلة النباتية	الاسم الإنجليزى	الاسم العلمى
البقولية	clover	*Trifolium repensm, T. pratense, T. fragiferum, T. subterraneum*
	winter vetch	*Vicia villosa*
	bird's foot trefoil	*Lotus corniculatus*
	pink serradella	*Ornithopus sativus*
النجيلية	perennial ryegrass	*Lolium perenne*
	smooth-stalked meadowgrass	*Poa pratensis*
	red fescue	*Festuca rubra*
	القمح والشعير والجاودار (الراى)	
عائلات أخرى	rape	*Brassica napus*
	charlock	*Sinapis arrensis*
	marigold	*Calendula officinalis*
	الـ tagets القصير المفترش	*Tagetes patula*

كذلك جُرِّب استخدام كلا من:

النبات	الاسم العلمى
Winter wheat قمح الشتاء	*Triticum aestivum*
St. Augustinegrass	*Stenotaphrum secundatum*
Perennial peanut	*Arachis glabrata*
Forage peanut	*Arachis* spp.

ويستدل من دراسات Newenhouse & Danna (١٩٨٩) على أن التربة تحت الغطاء النباتى الحىّ تكون أقل اندماجًا وأبرد من التربة المحروثة. وقد مَنَعَ الغطاء النباتى الحىّ نمو الحشائش الحولية. وأفاد استعمال الـ Perennial rygrass كغطاء لحقول الفراولة بين خطوط الزراعة؛ حيث وفر لها الحماية من الرياح دون أن يزحف نموه إلى خطوط الزراعة ذاتها.

كذلك استخدم Roe وآخرون (١٩٩٤) عدة أنواع نباتية كأغطية حية للتربة فى حقول الفلفل، مقارنة بالغطاء البلاستيكى، ووجدوا أن الإصابة بالفطر *Phytophthora capsici* كانت أقل فى حالة الأغطية النباتية الحية مقارنة بغطاء البوليثيلين، إلا أن الأخيرة (أغطية البوليثيلين)أعطت محصولاً كليًّا ومبكرًا أعلى، وثمارًا أكبر حجمًا.

وقد وجد Hanada (١٩٩١) أن استخدام الغطاء البلاستيكى للتربة أدى — فى المناطق شبه الاستوائية — إلى زيادة حرارة التربة إلى درجة غير مناسبة للنمو النباتى. وبالمقارنة شكّل الـ Napir Grass (*Pennisetum purpureum*) المقطوع حديثًا غطاءً مناسبًا للتربة؛ حيث كانت حرارة التربة تحته ثابتة ومنخفضة، وأعطى محصولاً أعلى.

ولقد استخدم نبات البيقة hairy vetch (أو *Vicia villosa*) — وهو نبات بقولى عشبى حولى — كغطاء للتربة — تحت ظروف الرى بالتنقيط — فى حقول طماطم الاستهلاك الطازج بالولايات المتحدة الأمريكية. تزرع البيقة أولاً فى المصاطب — الخاصة بالطماطم — فى الخريف. وعندما تزرع الطماطم فى الربيع التالى تكون البيقة قد أعطت نموًّا خضريًّا غزيرًا يعمل كَمَلْش عضوى على سطح المصاطب عند جزّه عليها. وتشتل الطماطم بعد جزّ البيقة مباشرة دون حراثة التربة. تعطى هذه الطريقة لزراعة الطماطم محصولاً أعلى من كل من استعمال البلاستيك الأسود، أو الزراعة بدون غطاء للتربة، أو — على الأقل — تعطى محصولاً مساويًّا للمحصول عند استعمال البلاستيك الأسود. ويستدل من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن على أن درجة حرارة التربة لم تكن هى العامل المؤثر؛ إذ إنها كانت فى المجال المناسب للنمو النباتى فى مختلف المعاملات (Teasdale & Abdul-Baki ١٩٩٥).

ويستدل من دراسات Kelly وآخرين (١٩٩٥) على أن استعمال البيقة كَمَلْش عضوى لمصاطب الطماطم كان اقتصاديًّا إذا قورن باستعمال البلاستيك الأسود، أو الزراعة بدون مَلْش، وكان مزايا استعمال البيقة ما يلى:

١- زيادة المحصول.

٢- تحسين التربة؛ وعدم تعرضها للتعرية.

٣- تقليل الحاجة إلى التسميد الآزوتى، وعدم الحاجة إلى التسميد العضوى.

٤- تقليل الحاجة إلى استعمال مبيدات الحشائش، وتقليل منافسة الحشائش للطماطم.

٥- زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة.

٦- المحافظة على البيئة؛ بعدم الحاجة إلى استعمال مبيدات الحشائش، وعدم وجود مشاكل التخلص من البلاستيك التى تنشأ عند استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة.

وكان نمو ومحصول الفاصوليا الخضراء أفضل فى ظل نظام عدم العزيق مع زراعة الـ hairy vetch (أى *Vicia villosa*) كغطاء نباتى للتربة عن مكافحة الحشائش بالعزيق التقليدى (Abdul-Baki & Teasdale ١٩٩٧).

لذلك كان محصول طماطم التصنيع أعلى والثمار أكبر فى ظل نظام عدم العزيق مع زراعة الـ hairy vetch كغطاء للربة عما كان عليه الحال فى حالة استعمال مَلْش بلاستيكى أسود أو الزراعة بدون مَلْش. هذا إلا أن نسبة المادة الصلبة بالثمار كانت أعلى فى حالة الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة عما كان عليه الحال فى حالة الغطاء النباتى (Abdul-Baki وآخرون ١٩٩٦أ).

كذلك ازداد محصول طماطم الاستهلاك الطازج المرباة رأسيًّا والنامية فى ظل وجود غطاء نباتى من الـ hairy vetch، أو الـ crimson clover (= *Trifolium incarnatum*)، أو الراى (*Secale cereale*) + hariy vetch .. ازداد محصولها عما فى حالة استعمال غطاء بلاستيكى أسود للتربة. كذلك كانت الثمار أكبر، وكان محتوى الأوراق من

النيتروجين أعلى عما فى حالة استعمال البلاستيك الأسود، على الرغم من أن معاملة الغطاء النباتى الحىّ تلقت ٥٠٪ فقط من كمية النيتروجين الذى تلقته معاملة البلاستيك الأسود (Abdul-Baki وآخرون ١٩٩٦ب).

وقد ازدادت نسبة المساحة الورقية leaf area ratio لنباتات الطماطم النامية فى ظل وجود غطاء نباتى للتربة من الـ hairy vetch عما فى حالة وجود غطاء بلاستيكى أسود للتربة، وكان المحصول المبكر فى حالة الغطاء البلاستيكى أعلى، إلاّ أن الطماطم النامية مع الـ hairy vetch سرعان ما ازداد نموها وازداد محصولها الكلى عن تلك التى استخدم معها الغطاء البلاستيكى الأسود (Teasdale & Abdul-Baki ١٩٩٧).

الفصل السادس عشر

الرى

العوامل المؤثرة على حاجة النبات إلى الرى، والفترة بين الريات

العوامل الخاصة بالنبات

١-عمر النبات، ومقدار نموه الخضرى

تستهلك النباتات وتنتج كميات أكبر من الماء مع زيادة نموها؛ وبالتالى فإنها تحتاج إلى كميات من ماء الرى — فى الأطوار المتقدمة من نموها — أكبر منها فى الأطوار المبكرة، كما تصبح جذورها أكثر تشعبًا وتعمقًا كلما تقدم النبات فى العمر؛ ومن ثم تكون أكثر مقدرة على الاستفادة من ماء الرى، وأكثر قدرة على الحصول على المياه اللازمة لها من الطبقات السفلى من التربة.

٢- درجة انتشار وتعمق الجذور

تختلف الخضروات فى درجة تعمق جذورها فى التربة. ومن أكثرها تعمقًا الخرشوف، والأسبرجس، والقرع العسلى، والبطاطا، والطماطم، والبطيخ. ومن أقلها تعمقًا فى التربة : الكرفس، والذرة السكرية، والبصل، والثوم، والخس، والبطاطس، والفجل، والسبانخ، بينما تعتبر جذور الفاصوليا، والجزر، والخيار، والباذنجان، والشمام، والفلفل، والبسلة، والكوسة، واللفت متوسطة التعمق فى التربة.

وعمومًا .. فإن الخضر الصيفية تتعمق جذورهلبدرجة أكبر من درجة تعمق جذور الخضر الشتوية. ولا تكون الخضروات ذات النمو الجذرى القليل قادرة على امتصاص كل الرطوبة التى توجد فى منطقة نمو الجذور، كما فى حالة الذرة السكرية.

ويجب أن يكون الهدف عند الرى هو إعادة نسبة الرطوبة إلى السعة الحقلية فى منطقة نمو الجذور. وقد لايكفى الرى الخفيف المتكرر لتوصيل الرطوبة الأرضية إلى السعة الحقلية فى كل هذه المنطقة؛ وبذلك لا يحصل النبات على كل حاجته من الماء،

خاصة مع زيادة الفقد بالتبخر من سطح التربة، لكن الرى الخفيف المتكرر يفيد مع النباتات الصغيرة فى طور البادرة حينما تكون جذورها سطحية.

ويمكن تقدير المدى الذى تصل إليه جذور النباتات حسب المدة اللازمة لاستكمال نموها، كما فى جدول (١٦-١).

وكدليل تقريبى .. فإن معدل نمو الجذور يتراوح بين ٣٠ و ٤٥ سم لكل شهر من النمو النشيط حسب المحصول والعوامل الجوية.

جدول (١٦-١): العلاقة بين المدة اللازمة لنضج المحصول، ومدى تعمق الجذور فى التربة.

المدة من الزراعة لحين نضج النبات (بالشهر)	درجة تعمق الجذور (بالسم)
٢	٦٠-٩٠
٣-٤	٩٠-١٥٠
٦	١٨٠-٣٠٠

هذا .. ويمكن لجذور الخضر المختلفة سحب الماء من التربة من أعماق تتراوح بين ٣٠ و ١٨٠ سم حسب المحصول (جدول ١٦-٢) (عن Pillsbury ١٩٦٨).

جدول (١٦-٢): عمق التربة الذى يمكن لبعض نباتات الخضر الكاملة النمو أن تسحب منه الماء.

المحصول	العمق (بالسم)
الأسبرجس — الطماطم	١٨٠
القاوون	١٥٠
الخرشوف — فاصوليا الليما — البطاطا	١٢٠
الجزر — الباذنجان — البسلة — الفلفل — قرع الكوسة — الذرة السكرية — البنجر	٩٠
الفاصوليا — الكرنب — البطاطس — السبانخ — الفراولة	٦٠
الخس — البصل	٣٠

ويبين جدول (١٦-٣) كمية مياه الرى التى تلزم لرى محاصيل تختلف فى مدى تعمق جذورها، ومزروعة فى أراض تختلف فى قوامها، فى حالة إجراء الرى عندما تصل الرطوبة الأرضية إلى مستويات مختلفة (عن نشرة علمية لشركة سنتك).

جدول (١٦-٣): صفحة عرضية

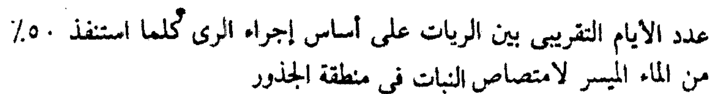
جدول (١٦-٣): كمية مياه الرى اللازمة لرى محاصيل تختلف فى مدى تعمق جذورها، ومزروعة فى أراضٍ تختلف فى قوامها، فى حالة إجراء الـرى عند مستويات مختلفة من الرطوبة بالتربة.

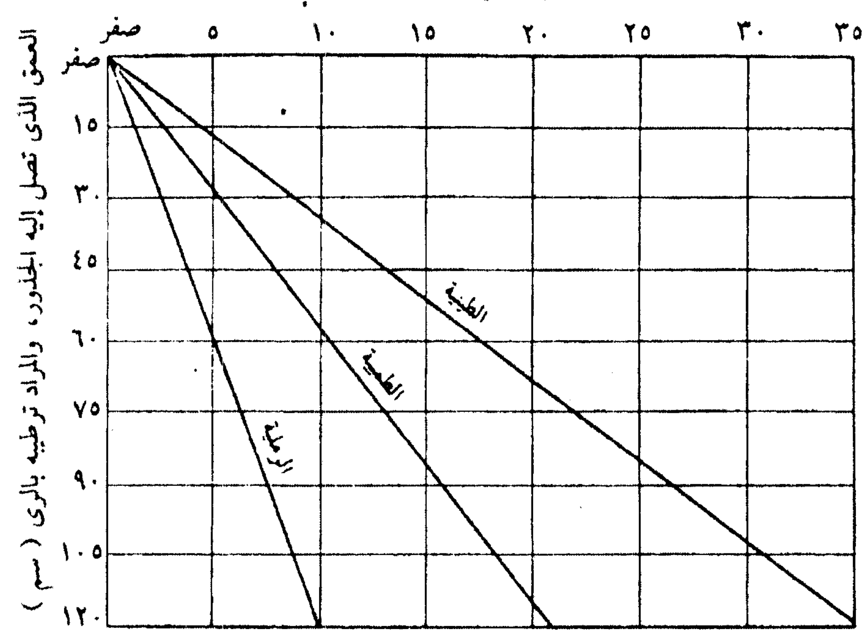
طبيعة التربة	عمق المجموع الجذرى (سم)	السعة الحقلية			كمية المياه الموجودة عند نقطة الذبول		كمية المياه المتاحة لاستخدام النبات		كمية مياه الرى التى تضاف إلى التربة (ملليمتر) للفدان عند اختلاف مستويات الرطوبة التى توجد بالتربة عند الرى					
									٦٧٪		٥٠٪		٣٢٪	
		ملليمتر	م³ للفدان	٪	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان
أرض	٣٠	٣١	١٣٤	٢٠	٦	٢٤	٢٥	١٠٠	٨,٢	٣٢,٨	١٢,٥	٥٠	١٠,٨	٤٣,٢
	٤٥	٤٧	١٤٨		٩,٤	٣٧,٦	٣٧,٦	١٥٠,٤	١٢,٤	٤٩,٦	١٨,٨	٧٢,٢	٢٥,٢	١٠٠,٨
خفيفة	٦٠	٦٣,٥٧	٢٥٠		٠,٥	٥٠	٥٠	٢٠٠	١٦,٥	٦٦	٢٥	١٠٠	٣٢,٥	١٣٤
	٧٥	٧٨	٣١٢		١٥,٦	٦٢,٤	٦٢,٤	٢٤٩,٦	٢٠,١	٨٢,٤	٣١,٢	١٢٤,٨	٤١,٨	١٦٧,٢
رملية	٩٠	٩٣,٧	٣٧٥		١٨,٧	٧٤,٨	٧٥	٣٠٠	٢٥	١٠٠	٣٧,٥	١٥٠	٥٠	٢٠٠
	١٢٠	١٢٥	٥٠٠		٢٥,٠	١٠٠	١٠٠	٤٠٠	٢٣	١٣٢	٥٠	٢٠٠	٦٧	٢٦٨
أرض	٣٠	٥٦	٢٢٤	٢٥	١٤	٥٦	٤٢	١٨٦	١٤	٥٦	٢١	٨٤	٢٨	١١٢
	٤٥	٨٤,٥	٣٢٨		٢١	٨٤	٦٣,٥	٢٥٤	٢١	٨٤	٢١,٨	١٢٧,٢	٤٢,٥	١٧٠
متوسطة	٦٠	٦١٢,٥	٤٥٠		٣٨	١٦٢	٨٤,٥	٣٣٨	٢٧,٦	١١١,٦	٤٢,٢	١٦٨,٨	٥٦,٦	٢٢٦,٤
	٧٥	١٤,٥	٥٦٢		٣٥	١٤٠	١٥٠,٥	٤٢٢	٣٤	١٣٦	٥٢,٨	٢١١,٢	٧٠,٧	٢٨٢,٩
(طميية)	٩٠	١٦٨,٥	٦٧٤,٨		٤٢	١٦٨	١٦٢,٧	٥٠٦,٨	٤١,٩	١٦٧,٦	٦٣,٣	٢٥٣,٢	٨٤,٨	٣٣٩,٢
	١٢٠	٢٥٥	٩٠٠		٥٦	٢٢٤	١٦٩	٦٧٦	٥٦	٢٢٤	٨٤,٥	٣٢٨	١١٢	٤٥٢
أرض	٣٠	٩٢	٣٦٨	٣٥	٣٢	١٢٨	٦٠	٢٤٠	١٩,٨	٧٩,٢	٣٠	١٢٠	٤٠,٢	١٦٠,٨
	٤٥	١٣٧,٥	٥٥٠		٤٨	١٩٢	٨٩,٥	٣٥٨	٢٩,٦	١١٨,٤	٤٤,٨	١٧٩,٢	٦٠	٢٤٠
ثقيلة	٦٠	١٨٣,٥	٧٣٤		٦٤	٢٥٦	١١٩,٥	٤٧٨	٣٩,٠	١٥٦	٥٩,٨	٢٣٩,٢	٨٠	٣٢٠
	٧٥	٢٢٩	٩١٦		٨٠	٣٢٠	١٤٩	٥٩٦	٤٩,٢	١٩٦,٨	٧٤,٥	٢٩٨	٩٩,٨	٢٢٢,٢
(طينية)	٩٠	٢٧٥	١١٠٠		٩٦	١٨٤	١٧٠	٧١٦	٥٩,١	١٣٦,٤	٨٩,٥	٣٥٨	١١٩,٩	١٧٩,٦
	١٢٠	٣٦٧	١٤٦٨		١٢٨	٥١٢	٢٣٩,٥	٩٥٨	٧٩,٠	٣١٦	١١٩,٨	٤٧٩,٢	١٦٠,٥	٢٤٢

ملاحظات: (١) للحصول على أعلى محصول فى حالة المحاصيل ذات الجذور السطحية يجب حفظ درجة الرطوبة المتاحة دائمًا فى حدود ٦٧٪.
(٢) فى حالة المحاصيل ذات الجذور الأكثر عمقًا فإنه يجب حفظ الرطوبة على درجة ٥٠٪ رطوبة متاحة.
(٣) فى حالة المحاصيل ذات الجذور العميقة فإنه يجب حفظ الرطوبة على درجة ٣٣٪ رطوبة متاحة.
(٤) فى حالة الرى بالتنقيط يؤخذ فى الحسبان حجم الجزء المبلل بالماء بواسطة النقطات بالنسبة لإجمالى المساحة عند حساب الماء المتاح لاستفادة النبات بالتربة.

وعند تنظيم الرى يجب الإبقاء على الرطوبة الأرضية دائمًا أعلى من نقطة الذبول الدائم فى كل المنطقة التى تنمو فيها الجذور، حتى يمكن الاستفادة منها لأقصى درجة. كما يجب عدم الانتظار لحين ظهور أعراض الذبول على النباتات.

ومن المفضل دائمًا إجراء الرى عندما يفقد نحو ٥٠٪ من الرطوبة الأرضية التى يمكن للنباتات امتصاصها فى منطقة نمو الجذور، مع جعل كمية ماء الرى كافية لتوصيل الرطوبة إلى السعة الحقلية فى كل هذه المنطقة. ويمكن الاستعانة بشكل (٦-١) فى تحديد المدة بين الريات على وجه التقريب؛ على أساس أن الرى يكون بعد استنفاذ نصف كمية الماء الصالحة لامتصاص النبات فى منطقة نمو الجذور.





شكل (٦-١): المدة بين الريات فى الأراضى المختلفةالقوام على أساس إجراء الرى بعد استنفاذ ٥٠٪من كمية الماء الميسرة للامتصاص فى منطقة نمو الجذور.

مثال: إذا كان أحد محاصيل الخضر ناميًا فى تربة طميية، وتتعمق جذوره لمسافة ٦٠ سم، ونرغب فى رى التربة لهذا العمق بعد أن يكون نصف الماء القابل للامتصاص قد تم استنفاذه، فما علينا إلا التحرك أفقيًا عند الخط المقابل لـ ٦٠ سم إلى أن نصل إلى خط الأراضى الطميية، ثم نسقط خطًا رأسيًا لنعرف الفترة بين الريات، وهى فى هذا المثال ١١ يومًا.

٣- النوع المحصولى

تحتاج الخضروات التى تزرع لأجل أوراقها إلى رى منتظم، مع توفر الرطوبة الأرضية — وبالقدر المناسب — طوال فترة حياتها. أما الخضروات التى تزرع لأجل ثمارها أو بذورها، فإنها تحتاج إلى توفر مياه الرى بصفة خاصة خلال مرحلة عقد الثمار ونموها، نظرًا لضعف كفاءة المجموع الجذرى لهذه النباتات خلال تلك الفترة (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

وبينما نجد أن نباتًا كالقلقاس يحتاج إلى كميات كبيرة من الماء، فإن بعض محاصيل العائلة القرعية يمكن إنتاجها بعليًا.

هذا .. ويختلف الوقت الحرج للرى من محصول لآخر كالتالى:

أ- تُعد الخضر البذرية والثمرية أحوج ما تكون إلى الرى أثناء الإزهار وعقد الثمار كما سبق الذكر.

ب- تزداد حاجة البطاطس إلى الرى أثناء مرحلة تكوين الدرنات وزيادتها فى الحجم.

جـ- تزداد حاجة الفراولة إلى الرى بعد الحصاد لتشجيع تكوين الخلفات، ولارتفاع درجة الحرارة أثناء تلك الفترة.

د- كذلك تزداد حاجة الأسبرجس إلى الرى أثناء الصيف بعد الحصاد لتشجيع النمو الخضرى للنبات، وهو الذى يقوم بتجهيز الغذاء الذى يخزن فى الجذور، ويستهلك فى نمو المهاميز فى الربيع التالى.

ونقدم فى جدولى (١٦-٤)، و (١٦-٥) مزيدًا من المعلومات التى تتعلق باحتياجات مختلف محاصيل الخضر من مياه الرى (عن Sanders ١٩٩٣).

جدول (٦-٤): الحدود الدنيا المفضلة لمستوى الرطوبة الأرضية، والفترة الحرجة للرى، وطرق الرى المفضلة لمختلف محاصيل الخضر.

المحصول	الحدود الدنيا للرطوبة الأرضية		الفترة الحرجة للرى	طرق الرى المفضلة[جـ]
	بار[أ]	ASM[ب] ٪		
الأسبرجس	-٠,٧٠	٤٠	تكوين التيجان والشتل	أ،ب
الفاصوليا الجافة	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار	أ
فاصوليا الليما	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار	أ،ب
الفاصوليا المتسلقة	-٠,٣٤	٦٠	الإزهار	أ
الفاصوليا الخضراء	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار	أ
فول الصويا (الأخضر)	-٠,٧٠	٤٠	الإزهار	أ،ب
البنجر	-٢,٠٠	٢٠	ازدياد حجم الجذور	أ،ب
البروكولى	-٠,٢٥	٧٠	تكوين الرؤوس	أ،ب،جـ
كرنب بروكسل	-٠,٢٥	٧٠	تكوين الكرينبات	أ،ب،جـ
الكرنب	-٠,٣٤	٦٠	تكوين الرؤوس ونموها	أ،ب
الجزر	-٠,٤٥	٥٠	إنبات البذور ونمو الجذور	أ،ب
الكنتالوب	-٠,٣٤	٦٠	الإزهار ونمو الثمار	أ،ب
القنبيط	-٠,٣٤	٦٠	تكوين الأقراص ونموها	أ،ب،جـ
الكرفس	-٠,٢٥	٧٠	جميع المراحل	أ،ب،جـ،د
الكرنب الصينى	-٠,٢٥	٧٠	جميع المراحل	أ،ب
الكولارد	-٠,٤٥	٥٠	جميع المراحل	أ،ب،جـ
الذرة السكرية	-٠,٤٥	٥٠	ظهور الحريرى	أ،ب
خيار التخليل	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار والإثمار	أ،ب،جـ
خيار السلاطة	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار والإثمار	أ،ب،جـ
الباذنجان	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار والإثمار	أ،ب،جـ
الكيل والمسترد	-٠,٢٥	٧٠	جميع المراحل	أ،ب
الكرات أبو شوشة	-٠,٢٥	٧٠	جميع المراحل	أ،ب
الخس	-٠,٣٤	٦٠	نمو الرأس	أ،ب
السبانخ النيوزيلاندى	-٠,٢٥	٧٠	جميع المراحل	أ،ب،د

تابع جدول (٦-٤).

المحصول	الحدود الدنيا للرطوبة الأرضية		الفترة الحرجة للري	طرق الري المفضلة[جـ]
	بار[أ]	ASM[ب]٪		
البامية	-٠,٧٠	٤٠	الإزهار	أ،جـ
البصل	-٠,٢٥	٧٠	تكوين الأبصال ونموها	أ،ب
الجزر الأبيض	-٠,٧٠	٤٠	ازدياد الجذور في الحجم	أ،ب
البسلة الخضراء	-٠,٧٠	٤٠	الإزهار	أ
اللوبيا	-٠,٧٠	٤٠	الإزهار ونمو القرون	أ،ب
الفلفل	-٠,٤٥	٥٠	الإزهار والقرون وهي صغيرة	أ،ب،جـ
البطاطس	-٠,٣٥	٧٠	بعد الإزهار	أ،ب
القرع العسلي	-٠,٧٠	٤٠	الإثمار	أ،ب
الفجل	-٠,٢٥	٧٠	جميع المراحل	أ
الروبارب	-٢,٠٠	٢٠	بزوغ الأوراق	أ،ب
الروتاباجا	-٠,٤٥	٥٠	نمو الجذور	أ،ب
الكوسة	-٠,٢٥	٧٠	نمو الثمار	أ،ب
قرع الشتاء	-٠,٧٠	٤٠	نمو الثمار	أ،ب
البطاطا	-٢,٠٠	٢٠	الـ ٤٠ يومًا الأخيرة	أ،ب
الطماطم المرباة رأسيًا	-٠,٤٥	٥٠	نمو الثمار	أ،جـ
الطماطم الأرضية	-٠,٤٥	٥٠	نمو الثمار	أ،ب
طماطم التصنيع	-٠,٤٥	٥٠	نمو الثمار	أ،ب
اللفت	-٠,٤٥	٥٠	نمو الجذور	أ،ب
البطيخ	-٢,٠٠	٤٠	نمو الثمار	أ،ب،جـ

(أ) البار = واحد ضغط جوى.

(ب) ASM = الرطوبة الأرضية الميسرة للنبات available soil moisture وهي نسبة الماء بين السعة الحقلية (-٠,١ بار) ونقطة الذبول الدائم (-١٥ بار).

(جـ) طرق الري: (أ) الرش، (ب) المدفع، (جـ) التنقيط، (د) الغمر.

جدول (١٦-٥): مدى تحمل الجفاف، ومدى تعمق الجذور، وأضرار نقص الرطوبة الأرضية لمختلف محاصيل الخضر.

المحصول	تحمل الملوحة[أ]	تعمق الجذور[ب]	أضرار نقص الرطوبة الأرضية	ملاحظات
الأسبرجس	H	D	التغضن	يمكنه تحمل فترات الجفاف
الفاصوليا الجافة	M	M	ضعف امتلاء القرون وصغر حجم البذور	يمنع الرى عند بدء جفاف القرون
فاصوليا الليما	L-M	D	ضعف امتلاء القرون وصغر حجم البذور	يعمل التبريد بالرى على زيادة المحصول
الفاصوليا المدادة	L-M	M	ضعف امتلاء القرون وتكوين قرون إسفنجية	استمرار الرى ضرورى أثناء الإزهار
الفاصوليا الخضراء	L-M	M	ضعف امتلاء القرون وتكوين قرون إسفنجية	ليس للرى قبل الإزهار أهمية كبيرة
فول الصويا (الأخضر)	M	M	ضعف امتلاء القرون	ليس للرى قبل الإزهار أهمية كبيرة
البنجر	M	M	تشققات النمو	
البروكولى	L	S	حدة الطعم	
كرنب بروكسل	M	S	ضعف نمو الكرينبات	
الكرنب	M-H	S	تشققات النمو	
الجزر	M-H	S-M	تشققات النمو وتكوين جذور مشوهة	تجنب الجفاف أثناء كبر الجذور فى الحجم
الكنتالوب	M	S-M		
القنبيط	L	S	تكون الأقراص الزغبية والتزرير	
الكرفس	L	S	صغر أعناق الأوراق	يمكن لنقص الرطوبة وقف النمو بصورة دائمة
الكرنب الصينى	L	S	تكوين أوراق صلبة	
الكولارد	M	S	تكوين أوراق صلبة	
الذرة السكرية	M-H	S	ضعف امتلاء الكيزان	ليس للرى قبل ظهور الحريرة أهمية كبيرة

تابع جدول (١٦-٥).

المحصول	تحمل الملوحة[أ]	تعمق الجذور[ب]	أضرار نقص الرطوبة الأرضية	ملاحظات
خيار التخليل والسلاطة	L	S-M	تكوين ثمار مستدقة ومتشققة	يمكن أن يؤدى نقص الرطوبة إلى نقص شديد فى المحصول وجودته
الباذنجان	M	M	تعفن الطرف الزهرى وتشوه الثمار	
المسترد والكيل	L	M	صلابة الأوراق	ضرورة استمرار الرى الجيد
الكرات أبو شوشة	L-M	S	تكون قواعد أوراق رقيقة	
الخس	M-H	D	تكوين أوراق صلبة وصغيرة	
السبانخ النيوزيلاندى	L	S	تكوين أوراق صغيرة وضعف الإنتاج	ضرورة الرى الدائم لجعل النمو مستمر وسريع
البامية	M-H	D	تكون قرون صلبة	
البصل	L	S	صغر حجم الأبصال	
الجزر الأبيض	H	D		
البسلة الخضراء	L	M	ضعف امتلاء القرون	
اللوبيا	M	M	ضعف امتلاء القرون	يمكن للنباتات أن تتعافى من حالة جفاف مرّت بها لكن مع انخفاض المحصول
الفلفل	M	M	تعفن القرون والإصابة بتعفن الطرف الزهرى	الرى ضرورى لزيادة حجم القرون والمحصول
البطاطس	M	S	النمو الثانوى والدرنات المشوهة	
القرع العسلى	M	D	تعفن الطرف الزهرى	
الفجل	L	S	الجذور الإسفنجية	ضرورة استمرار الرى لأجل استمرار النمو السريع
الروبارب	M	D	التخويخ (الإسفنجية)	
الروتاباجا	M	M	صلابة الجذور	
الكوسة	L	M	الثمار المدببة والمشوهة	

تابع جدول (١٦-٥).

المحصول	تحمل الملوحة[أ]	تعمق الجذور[ب]	أضرار نقص الرطوبة الأرضية	ملاحظات
قرع الشتاء	M	D		
البطاطا	H	D	تكوين جذور ضعيفة ومشوهة	
الطماطم	M	D	تعفن الطرف الزهرى وتشققات بالثمار	يفيد استمرار الرى فى زيادة حجم الثمار وتجنب الإصابة بتعفن الطرف الزهرى
اللفت	M	M	الجذور المتخشبة	
البطيخ	D	M-H	تعفن الطرف الزهرى	يمكن للنباتات تحمل الجفاف الشديد ولكن يحدث بعض النقص فى المحصول

(أ) تحمل الملوحة: L= ضعف التحمل low، و M= متوسط التحمل moderate، و H= عالى التحمل high.

(ب) تعمق الجذور (معظم الجذور): S= سطحى shallow (٣٠-٤٥ سم)، و M= متوسط moderate (٤٥-٦٠ سم)، و D= عميق deep (٦٠ سم فأكثر).

وعمومًا .. تمر الخضر بفترات معينة تكون فيها بحاجة للرى وتتأثر بنقص الرطوبة الأرضية، كما يلى:

الخضر	المرحلة الحرجة للرى
البروكولى — الكرنب — القنبيط — الخس	تكوين الرؤوس
الجزر — الفجل — البنجر — اللفت	زيادة الجذور فى الحجم
الذرة السكرية	ظهور الحريرة والنورة المذكرة ونمو الكيزان
الخيار — الباذنجان — الفلفل — الكنتالوب — الطماطم	الإزهار وعقد الثمار واكتمال تكوين الثمار
الفاصوليا — البسلة	الإزهار وعقد الثمار واكتمال تكوين القرون
البصل	تكوين الأبصال
البطاطس	وضع الدرنات وزيادتها فى الحجم

ويمكن تلخيص العمق الفعال فى امتصاص الرطوبة الأرضية الذى تصل إليه جذور مختلف أنواع الخضر بتقسيمها إلى ثلاث فئات:

الفئة	العمق الذى تصل إليه الجذور (سم)	الخضر
سطحية الجذور	١٥-٣٠	البنجر – البروكولى – الجزر – القنبيط – الكرفس – الخضر الورقية – البصل – الفلفل – الفجل – السبانخ
متوسطة العمق	٤٥-٦٠	الكرنب – كرنب بروكسل – الخيار – الباذنجان – الكنتالوب – البسلة – البطاطس – الفاصوليا الخضراء – الكوسة – الذرة السكرية – الطماطم
متعمقة الجذور	> ٦٠	الأسبرجس – فاصوليا الليما – القرع العسلى – البطاطا – البطيخ – قرع الشتاء

كما يمكن تقسيم محاصيل الخضر حسب طرق الرى الحديثة التى تناسبها إلى خمس مجموعات كما يلى (علمًا بأنها جميعًا تروى بالغمر فى أراضى الوادى والدلتا)

طريقة الرى المناسبة	الخضر
التنقيط	الطماطم – الفلفل – الباذنجان – البطيخ – الكنتالوب – الخيار – الكوسة – الفاصوليا – اللوبيا – الخرشوف – الفراولة – البامية – الأسبرجس – الذرة السكرية
الرش	البصل (أبصال وأخضر) – الثوم – الكرات – اللفت – الفجل – الجرجير – البنجر – السبانخ – السلق السويسرى – الخس – الهندباء – الشيكوريا – الجزر – الكرفس – البقدونس – الشبت – الكسبرة – الجزر الأبيض – البطاطا
التنقيط والرش	البسلة السكرية – الفينوكيا
يفضل التنقيط ويمكن الرش	البطاطس – الكرنب – القنبيط – البروكولى – كرنب بروكسل – كرنب أبو ركبة
يفضل الرش ويمكن التنقيط	البسلة – الكرنب الصينى – بصل الرؤوس – الثوم

وبصورة عامة .. فإن الخضر التى تزرع على مسافات واسعة من بعضها البعض، وخاصة تلك التى تتعرض للإصابات المرضية بشدة عند ابتلال أوراقها لفترة طويلة .. يفضل معها الرى بالتنقيط. هذا .. إلاّ أن نوع شبكة الرى الموجودة بالحقل بالفعل هى التى تحدد — غالبًا — طريقة الرى التى تستخدم.

العوامل الجوية

تزداد الحاجة إلى الرى، وتقصر المدة بين الريات فى الظروف الجوية التى تشجع على زيادة النتح؛ وهى: الجو الحار الجاف، وزيادة سرعة الهواء، وزيادة شدة الإضاءة.

ويبين جدول (١٦-٦) كمية مياه الرى التى يتعين إضافتها فى مختلف الظروف البيئية عند اختلاف صافى كمية مياه الرى المطلوبة.

جدول (١٦-٦): كمية مياه الرى التى يتعين إضافتها فى مختلف الظروف البيئية عند اختلاف صافى كميه مياه الرى المطلوبة (عن نشرة علمية لشركة سنتك).

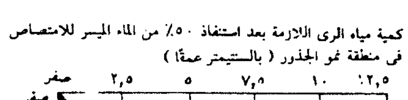
صافى كمية مياه الرى المطلوبة		جو بارد (٨٠٪ كفاءة رى)		جو معتدل (٧٥٪ كفاءة رى)		جو حار (٧٠٪ كفاءة رى)		جو صحراوى عال (٦٥٪ كفاءة رى)		جو صحراوى منخفض (٩٠٪ كفاءة رى)	
ملليمتر	م٣ للفدان	ملليمتر	م٣ للفدان	ملليمتر	م٣ للفدان	ملليمتر	م٣ للفدان	ملليمتر	م٣ للفدان	ملليمتر	م٣ للفدان
٥,٠٠	٢٠	٦,٢٥	٢٥	٦,٦٥	٢٦,٦	٧,١٥	٢٨,٦	٧,٧٠	٣٠,٨٠	٨,٣	٣٣,٦
٦,٠٠	٢٤	٧,٥٠	٣٠	٧,٩٨	٣١,٩٢	٨,٥٨	٣٤,٣٢	٩,٢٤	٣٦,٩٦	٩,٩٦	٣٩,٨٤
٧,٠٠	٢٨	٨,٧٥	٣٥	٩,٣١	٣٧,٢٤	١٠,٠١	٤٠,٠٤	١٠,٧٨	٤٣,١٢	١١,٦٢	٤٦,٤٨
٨,٠٠	٣٢	١٠,٠٠	٤٠	١٠,٦٤	٤٢,٥٦	١١,٤٤	٤٥,٧٦	١٢,٣٢	٤٩,٢٨	١٣,٣٨	٥٣,١٢
٩,٠٠	٣٦	١١,٢٥	٤٥	١١,٩٧	٤٧,٨٨	١٢,٨٧	٥١,٤٨	١٣,٨٦	٥٥,٤٤	١٤,٣٤	٥٦,٩٦
١٠,٠٠	٤٠	١٢,٥٠	٥٠	١٣,٣٠	٥٣,٢٠	١٤,٣٠	٥٧,٢٠	١٥,٤٠	٦١,٦٠	١٦,٦٠	٦٦,٤٠
١٥,٠٠	٦٠	١٨,٧٥	٧٥	١٩,٩٥	٧٩,٨٠	٢١,٤٥	٨٥,٨٠	٢٣,١٠	٩٢,٤٠	٢٤,٩٠	٩٩,٦٠
٢٠,٠٠	٨٠	٢٥,٠٠	١٠٠	٢٦,٦٠	١٠٦,٤٠	٢٨,٦٠	١١٤,٤٠	٣٠,٨٠	١٢٣,٢٠	٣٢,٢٠	١٣٢,٨٠
٢٥,٠٠	١٠٠	٣١,٢٥	١٢٥	٣٣,٢٥	١٣٣,٠٠	٣٥,٧٥	١٤٣,٠٠	٣٨,٥٠	١٥٤,٠٠	٤١,٥٠	١٦٦,٠٠
٣٠,٠٠	١٢٠	٣٧,٥٠	١٥٠	٣٩,٩٠	١٥٩,٦٠	٤٢,٩٠	١٧١,٦٠	٤٦,٢٠	١٨٤,٨٠	٤٩,٨٠	١٩٩,٢٠
٣٥,٠٠	١٤٠	٤٣,٧٥	١٧٥	٤٦,٥٥	١٨٦,٢٠	٥٠,٠٥	٢٠٠,٢٠	٥٣,٩٠	٣١٥,٦٠	٥٨,١٠	٢٣٢,٤٠
٤٠,٠٠	١٦٠	٥٠,٠٠	٢٠٠	٥٣,٢٠	٢١٢,٨٠	٥٧,٢٠	٢٢٨,٢٠	٦١,٦٠	٢٤٦,٤٠	٦٦,٤٠	٣٦٥,٦٠
٤٥,٠٠	١٨٠	٥٦,٢٥	٢٢٥	٥٩,٨٥	٢٣٩,٤٠	٦٤,٣٥	٢٥٧,٤٠	٦٩,٣٠	٢٧٧,٢٠	٧٤,٧٠	٢٩٨,٨٠
٥٠,٠٠	٢٠٠	٦٦,٥	٢٥٠	٦٦,٥٠	٢٧٦,٠٠	٧١,٥٠	٢٨٦,٠٠	٧٧,٠٠	٣٠٨,٠٠	٨٢,٠٠	٣٢٢,٠٠
٥٥,٠٠	٢٢٠	٦٨,٧٥	٢٧٥	٧٣,١٥	٢٩٢,٦٠	٧٨,٦٥	٣١٤,٦٠	٨٤,٧٠	٣٣٨,٨٠	٩١,٢٠	٣٦٥,٢٠
٦٠,٠٠	٢٤٠	٧٥,٠٠	٣٠٠	٧٩,٨٠	٣١٩,٢٠	٨٥,٨٠	٣٤٣,٢٠	٩٢,٤٠	٣٦٩,٦٠	٩٩,٦٠	٣٩٨,٤٠

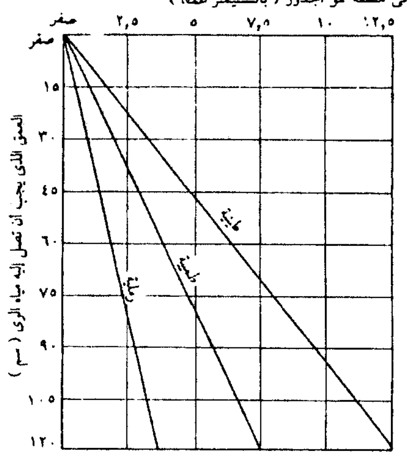
تابع جدول (١٦-٦).

صافى كمية مياه الرى المطلوبة		جو بارد (٨٠٪ كفاءة رى)		جو معتدل (٧٥٪ كفاءة رى)		جو حار (٧٠٪ كفاءة رى)		جو صحراوى عال (٦٥٪ كفاءة رى)		جو صحراوى منخفض (٩٠٪ كفاءة رى)	
ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان	ملليمتر	م³ للفدان
٦٥,٠٠	٢٦٠	٨١,٢٥	٣٢٥	٨٦,٤٥	٣٤٥,٨٠	٩٢,٩٥	٣٧١,٨٠	١٠٠,١٠	٤٠٠,٤٠	١٠٧,٩٠	٤٢١,٦٠
٧٠,٠٠	٢٨٠	٨٧,٥٠	٣٥٠	٩٣,١٠	٣٧٢,٤٠	١٠٠,١٠	٤٠٠,٤٠	١٠٧,٨٠	٤٣١,٢٠	١١٦,٢٠	٤٦٤,٨٠
٧٥,٠٠	٣٠٠	٩٣,٧٥	٣٧٥	٩٩,٧٥	٣٩٩,٠٠	١٠٧,٢٥	٤٢٩,٠٠	١١٥,٥٠	٤٦٢,٠٠	١٢٤,٥٠	٤٩٨,٠٠
٨٠,٠٠	٣٢٠	١٠٠,٠٠	٤٠٠	١٠٦,٤٠	٤٢٥,٦٠	١١٤,٤٠	٤٥٧,٦٠	١٢٣,٢٠	٤٩٢,٨٠	١٣٢,٨٠	٥٣١,٢٠
٨٥,٠٠	٣٤٠	١٠٦,٢٥	٤٢٥	١١٢,٠٥	٤٥٢,٣٠	١٢١,٥٥	٤٨٦,٢٠	١٣٠,٩	٥٢٣,٦٠	١٤١,١٠	٥٦٤,٤٠
٩٠,٠٠	٣٦٠	١١٢,٥٠	٤٥٠	١١٩,٧٠	٤٧٨,٨٠	١٢٨,٧٠	٥١٤,٨٠	١٣٨,٦٠	٥٥٤,٤٠	١٤٩,٤٠	٥٩٧,٦٠
٩٥,٠٠	٣٨٠	١١٨,٧٥	٤٧٥	١٢٦,٢٥	٥٠٥,٤٠	١٢٥,٨٥	٥٤٣,٤٠	١٤٦,٣٠	٥٨٥,٦٠	١٥٧,٧٠	٦٣٠,٨٠
١٠٠,٠٠	٤٠٠	١٢٥,٠٠	٥٠٠	١٣٣,٠٠	٥٣٢,٠٠	١٤٣,٠٠	٥٧٢,٠٠	١٥٤,٠٠	٦١٠,٦٠	١٩٦,٠٠	٦٦٤,٠٠
١٠٥,٠٠	٤٢٠	١٣١,٢٥	٥٢٥	١٣٩,٦٥	٥٥٨,٦٠	١٥٠,١٥	٦٠٠,٦٠	١٦١,٧٠	٦٤٦,٨٠	١٧٤,٣٠	٦٩٧,٢٠
١١٠,٠٠	٤٤٠	١٣٧,٥٠	٥٥٠	١٤٦,٣٠	٥٨٥,٢٠	١٥٧,٢٠	٢٦٩,٢٠	١٦٩,٤٠	٦٧٧,٦٠	١٨٢,٦٠	٧٣٠,٤٠

العوامل الأرضية

تختلف كمية ماء الرى اللازمة لبل التربة إلى عمق ما حسب قوام التربة، كما هو مبين فى شكل (١٦-٢) (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠).





شكل (١٦-٢): كمية الماء اللازمة لرى الأراضى المختلفة القوام لأعماق مختلفة بعد استنفاذ ٥٠٪من الماء الميسر للامتصاص فى منطقة نمو الجذور.

مثال: عند الرغبة في بل تربة طميية لعمق ٣٠ سم بعد استنفاذ ٥٠٪ من الماء القابل للامتصاص بها، فإننا نتحرك في الرسم من اليسار على خط ٣٠ سم، ونتوقف عند الوصول إلى خط المائل الخاص بالأراضي الطميية، ثم نسقط خطًا رأسيًا لنجد أن كمية الماء اللازمة هي حوالى ٢ سم.

ويجب التنبيه إلى أنه عند إضافة كمية ما من ماء الرى يصبح الشدّ الرطوبى عند سطح التربة صفرًا، أو قريبًا من الصفر بعد الرى مباشرة، رغم أن الشدّ الرطوبى قد يكون عاليًا جدًا على عمق قليل. ويتسبب ذلك فى قوة جذب شديدة إلى أسفل، بالإضافة إلى أن الجاذبية الأرضية تدفع الماء نحو التربة غير المشبعة. وبعد عدة ساعات من الرى يقل الفرق فى الشدّ الرطوبى بين الطبقة السطحية والطبقة الأعمق، ويكون للجاذبية الأرضية الدور الأكبر فى جذب الرطوبة إلى الطبقات السفلى (Israelsen & Hansen ١٩٦٢).

هذا .. إلا أن الماء المضاف إلى سطح التربة لابد أن يصل بالطبقة السطحية إلى التشبع قبل أن يتقدم لأسفل. وعليه .. فإنه (فى حالة الأراضى غير المشبعة بالرطوبة) إذا أُضيف ماء رى بقدر يكفى لتشبع الـ ١٠ سم العليا من التربة، فإن الماء لا يتقدم فى التربة أبدًا لعمق أكثر من ١٥ سم. وتمثل الـ ٥ سم الإضافية من التربة ذلك العمق الذى يصل برطوبته إلى السعة الحقلية بعد انصراف الماء الزائد عن السعة الحقلية فى الـ ١٠ سم العليا.

ويعنى ذلك أنه لا يمكن أبدًا بل التربة للعمق المرغوب وتوصيلها إلى رطوبة أقل من السعة الحقلية، فتقليل كمية الماء المضافة لا يعنى سوى أن العمق الذى تصل إليه الرطوبة سيكون أقل، وأن العمق المبتل لابد أن يصل أولاً إلى درجة التشبع، ثم ينصرف منه الماء الزائد عن السعة الحقلية لبل طبقة أخرى من التربة يصل عمقها إلى نصف الطبقة الأولى تقريبًا، وتصل رطوبتها إلى السعة الحقلية (Winter ١٩٧٤).

هذا .. وينصح بأن يكون الرى خفيفًا، وعلى فترات متقاربة فى الأراضى التى تقل فيها

السعة الحقلية، كالأراضى الرملية. أما فى الأراضى الطينية ذات السعة الحقلية العالية، فإن مقدرتها على الاحتفاظ بالماء تكون أكبر، ويكون الرى فيها على فترات أكثر تباعدًا، خاصة أن ماء الرى يتعمق سريعًا فى الأراضى الرملية، بالمقارنة بالأراضى الطينية والطميية.

كذلك يجب أن يكون الرى خفيفًا، وعلى فترات متقاربة عند وجود طبقة صماء hard pan قريبة من سطح التربة.

أما عند وجود طبقة مسامية حصوية تحت سطح التربة، فإن الرى يجب أن يكون بالقدر الذى يكفى لتوصيل الرطوبة فى الطبقة التى تعلو الطبقة المسامية إلى السعة الحقلية، لأن الماء الزائد على ذلك ينصرف فى الحال، ويفقد معه الأسمدة والعناصر الذائبة.

وتقدر الحاجة إلى الرى عمليًا بإحدى الطريقتين التاليتين:

١- تؤخذ عينة صغيرة من التربة من عمق ١٠-٢٠ سم من السطح، ويُتعَرف على محتواها الرطوبى بالضغط عليها بين الأصابع وراحة اليد؛ حيث تدل سهولة تشكيلها على احتوائها على كمية مناسبة من الرطوبة.

٢- بواسطة أجهزة خاصة تقيس درجة الشدّ الرطوبى (tensiometers) يمكن بواسطتها تقدير نسبة الرطوبة فى التربة.

أهمية تنظيم عملية الرى

لتنظيم عملية الرى أهمية كبيرة للحصول على أفضل نمو وأعلى محصول.

الرى قبل الإنبات وبزوغ البادرات

يكون إنبات بذور بعض النباتات - مثل الخس وبنجر السكر - منخفضًا فى درجات الحرارة العالية. ويفضل فى حالات كهذه إعطاء الرية الأولى - بعد زراعة البذور - فى المساء؛ لتكون بداية تشرُّب البذرة للماء فى جو تسوده حرارة الليل المعتدلة؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة سرعة الإنبات ونسبته. وبالمقارنة .. فإن إعطاء الرية الأولى - بعد زراعة البذور - خلال النهار يعنى بداية تشرب البذور للماء فى حرارة عالية؛ الأمر الذى يترتب عليه دخول البذور فى سكون ثانوى.

وعندما يكون الرى بالرش فإن إعطاء الرية الأولى فى المساء يفيد — مع جميع المحاصيل — فى زيادة تجانس توزيع مياه الرى فى الحقل؛ ذلك لأن سرعة الرياح تكون — عادة — فى المساء أقل منها خلال النهار. ولا يخفى ما لتجانس الرية الأولى من أهمية فى تجانس إنبات البذور.

وإلى أن تستكمل البذور إنباتها .. فإنه يجب دائمًا توفير الرطوبة فى الطبقة السطحية من التربة لتجنب تكوين القشرة السطحية التى تعوق إنبات البذور. وعندما تكون التربة ذات نفاذية عالية للماء، فإنه يفضل — عند اتباع طريقة الرى بالرش — أن يجرى الرى يوميًا بمعدلات منخفضة من الماء إلى حين استكمال الإنبات؛ حيث يساعد ذلك على تلطيف حرارة التربة، واستمرار غسيل الأملاح إلى أسفل، بالإضافة إلى منع تكون القشور، وتعجن التربة، مثلما يحدث فى حالة الرى بمعدلات عالية على فترات متباعدة.

ويؤثر تنظيم الرى فى إنبات بذور الخضر؛ فتنبت كل البذور بسرعة أكبر كلما ازدادت نسبة الرطوبة الأرضية من نقطة الذبول الدائم نحو السعة الحقلية.

إلا أنه يمكن تقسيم الخضروات إلى خمس مجاميع حسب احتياجاتها من الرطوبة الأرضية للحصول على إنبات جيد (Lorenz & Maynard ١٩٨٠):

١– خضروات تحتاج بذورها إلى رطوبة أرضية قريبة من السعة الحقلية بصفة دائمة لكى تنبت، ويمثلها الكرفس فقط. وربما كان السبب فى ذلك هو صغر حجم بذور الكرفس بدرجة كبيرة؛ مما يحتم زراعتها سطحيًا، وبالتالى احتمال جفاف الطبقة السطحية من التربة إذا لم تظل الرطوبة الأرضية قريبة من السعة الحقلية.

٢– خضروات تحتاج بذورها إلى رطوبة أرضية لا تقل عن ٥٠٪ من السعة الحقلية، وتشمل البنجر والخس. وربما كان السبب فى حالة الخس مماثلاً للسبب فى حالة الكرفس. أما البنجر، فربما يرجع احتياجه إلى رطوبة أرضية مرتفعة نسبيًا إلى أن بذوره توجد داخل ثمار تحتوى على بعض المواد التى يكون لها تأثير سيئ على إنبات البذو إن لم تغسل وتُزال بعيدًا عن البذور بكمية كافية من الرطوبة.

٣– خضروات تحتاج إلى رطوبة أرضية تقدر بنحو ٣٣٪ من الرطوبة فى حالة السعة

الحقلية، وتشمل: فاصوليا الليما، والبسلة، والسبانخ النيوزيلاندى. وربما يرجع السبب فى ذلك إلى احتمال تعفن البذور فى درجات الرطوبة الأرضية الأعلى من ذلك، خاصة فى حالة فاصوليا الليما، والبسلة.

٤- خضروات تفضل بذورها رطوبة أرضية تقدر بنحو ٢٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية، وتشمل: الفاصوليا، والجزر، والخيار، والبصل، والسبانخ، والطماطم. ويعتبر ذلك الشرط ضروريًّا بصفة خاصة فى حالة الفاصوليات التى تتعفن بذورها عند ازدياد الرطوبة الأرضية مع ارتفاع درجة الحرارة.

٥- خضروات يمكن أن تنبت بذورها جيدًا فى رطوبة أرضية قريبة من نقطة الذبول الدائم، وتشمل: الكرنب، والذرة السكرية، والقاوون، والفلفل، والفجل، وقرع الكوسة، واللفت، والبطيخ، وقرع الشتاء.

ومن الطبيعى أنه لا يمكن — تحت ظروف الزراعة العادية — تثبيت الرطوبة الأرضية عند مستوى معين، لكن يجب الاقتداء بالتقسيم السابق بتأخير الرى إلى حين وصول نسبة الرطوبة الأرضية إلى الدرجة المثلى، مع التحكم فى كمية ماء الرى حسب كل محصول. فالكرفس يجب أن يُعْطَى ريًّا خفيفًا على فترات متقاربة للمحافظة على نسبة الرطوبة الأرضية قريبة من السعة الحقلية. ومع باقى الخضروات تزداد الفترة بين الريات تدريجيًّا؛ بحيث لا تعطى الرية التالية إلاّ عند وصول الرطوبة الأرضية إلى الحد المبين قرين كل مجموعة.

الرى بعد الإنبات وبزوغ البادرات

مساوئ الرى الخفيف المتكرر

يؤدى الرى الخفيف المتكرر إلى:

١- نمو معظم الجذور فى الطبقة السطحية من التربة؛ مما يعرض النباتات للذبول إذا جفّتْ هذه الطبقة.

٢- قَصْر الاستفادة من العناصر الموجودة فى التربة على تلك الموجودة فى الطبقة السطحية فقط.

٣- جفاف الطبقات السفلى من التربة تدريجيًا؛ الأمر الذى يمنع الجذور القليلة التى تصل إليها من الاستفادة منها، كما يستلزم الرى الغزير لإعادة ترطيبها.

هذا .. إلاّ أن الرى الخفيف المتكرر يعتبر ضرورة لا غنى عنها فى الأراضى الرملية المسامية.

مساوئ الرى الغزير

يؤدى الرى الغزير إلى:

نقص تهوية التربة، واختناق الجذور، وضعف النباتات، واصفرار لونها وذبولها.

٢- تأخير النضج، ويلاحظ ذلك بصفة خاصة فى البطيخ؛ فالبطيخ البعلى ينضج مبكرًا قبل البطيخ المسقاوى بحوالى شهر.

٣-فقد الأسمدة المضافة مع ماء الصرف.

٤-زيادة معدلات الإصابة بالأمراض:

ترتبط المستويات المرتفعة من الرطوبة الأرضية — عادة — بزيادة شدة الإصابة بالأمراض، حيث تتوفر فى هذه الظروف أغشية من الرطوبة — حول حبيبات التربة — يمكن أن تتحرك فيها الجراثيم. كما أن التربة الغدقة تؤدى إلى إضعاف المجموع الجذرى؛ مما يؤدى إلى سهولة إصابته بالأمراض. وبالمقارنة .. فإن بعض الأمراض يناسبها جفاف التربة، كما يلى (عن Palti ١٩٨١، و Ristaino وآخرين ١٩٨٩، و Café-Filho & Duniway ١٩٩٥):

المسبب المرضى	المرض	المحصول
أمراض يناسبها التربة الجافة		
Fusarium solani f. *batatas*	عفن الساق	البطاطا
F. solani f. sp. *pisi*	عفن الجذر والساق	البسلة
Streptomyees ipomeae	الجدرى	البطاطا
S. scabies	الجرب العادى	البطاطس
Macrophomina phaseolina	العفن الفحمى	الفاصوليا والقطن

المسبب المرضى	المرض	المحصول
أمراض يناسبها التربة المبتلة		
Rhizoctonia solani	أعفان الجذور	عدة محاصيل
Thielaviopsis basicola	العفن الأسود	الفاصوليا
Sclerotium rolfsii	اللفحة الجنوبية	عدة محاصيل
Sclerotinia sclerotiorum	العفن القطنى	عدة محاصيل
Phytophthora capsici	عفن فيتوفثور الجذرى	الفلفل والقرعيات
Phytophthora parasitica	عفن فيتوفثورا الجذرى	الطماطم
Pythium sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Fusarium sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Phoma sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Rhizoctonia sp.	أمراض البادرات	عدة محاصيل
Pratylenchus sp.	نيماتودا	عدة محاصيل

ومن أهم الأعراض التى تصاحب حالات غدق التربة ما يلى:

١- اصفرار الأوراق بدءًا من الأوراق المسنة القاعدية، فالأوراق الأحدث.

٢- تدلى أعناق الأوراق.

٣- اتجاه أنصال الأوراق إلى أسفل Leaf Epinasty.

٤- تضخم الخلايا فى الحجم، وتكوين مزيد من الخلايا البرانشيمية ذات المسافات الواسعة بينها aerenchyma.

٥- تكوّن جذور عرضية من أجزاء الساق الملامسة للتربة الرطبة.

٦- ذبول النباتات فى حالات الغدق الشديدة.

وقد عُزيت كثير من أعراض الغدق إلى إنتاج الإثيلين، كما فى حالات تكوين الجذور العرضية، وتكوين الخلايا البرانشيمية، وتدلى أعناق الأوراق إلى أسفل (Hale & Orcutt ١٩٨٧).

مساوئ عدم انتظام الرى

تؤدى كثرة الرى بعد فترة جفاف طويلة إلى انفجار رؤوس الكرنب، والخس اللاتوجا، وتفلق جذور البنجر، وتشقق ثمار الطماطم. هذا .. وتزداد الأضرار عند الرى وقت اشتداد درجة الحرارة؛ لذا يفضل الرى فى الصباح الباكر أو بعد الظهر.

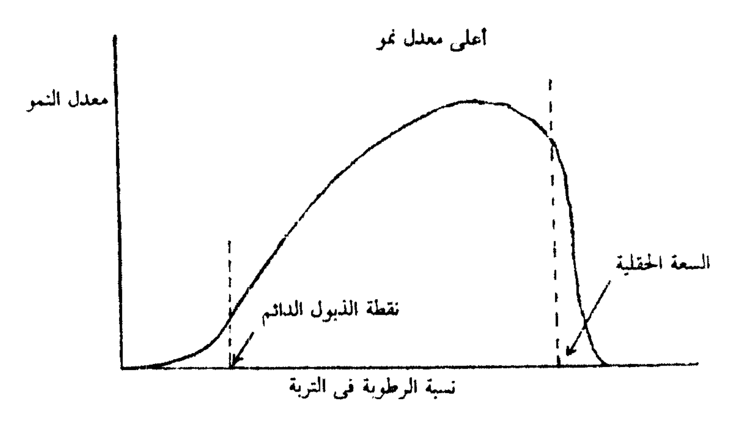
مزايا تنظيم عملية الرى

من مزايا تنظيم الرى حسب الحاجة ما يلى:

١- تؤدى إطالة الفترة بين الزراعوية المحاياة فى الأراضى الطميية والثقيلة إلى تعمق جذور النباتات، وزيادة النموالإثمار، عما لو بقيت التربة رطبة باستمرار.

٢- يساعد تنظيم الرى على استفادة النباتات من الأسمدة المضافة، ومن العناصر الغذائية التى توجد فى منطقة نمو الجذور.

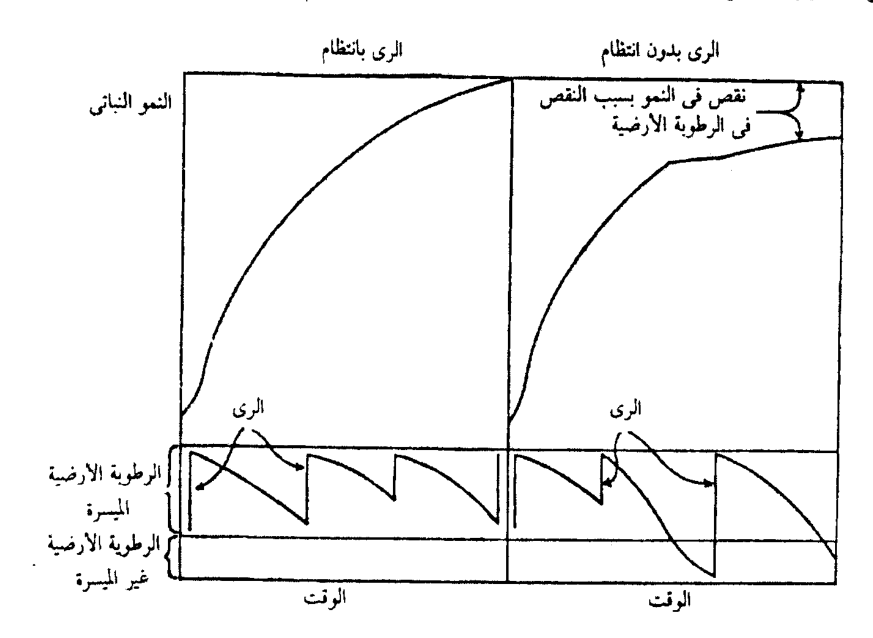
٣- يحدث أفضل معدل للنمو عندما تكون الرطوبة الأرضية قريبة من السعة الحقلية، كما يتضح من شكل (١٦-٣).



شكل (١٦-٣): تأثير الرطوبة الأرضية على معدل النمو النباتى (عن Israelsen & Hansen ١٩٦٢).

كما يوضح شكل (١٦-٤) الفرق بين النمو النباتى فى حالة الرى المنتظم بإجرائه كلما انخفضت الرطوبة الأرضية إلى ٥٠٪ من الماء الميسر لاستعمال النبات (الرسم الأيسر)،

بالمقارنة بالرى غير المنتظم، حيث يترك الحقل دون رى لحين انخفاض الرطوبة الأرضية إلى ما دون المستوى الميسر لاستعمال النبات (الرسم الأيمن).



شكل (١٦-٤): مقارنة بين النمو النباتى فى حالتى الرى المنتظم (الرسم الأيسر)، والرى غير المنتظم (الرسم الأيمن). فى حالة الرى المنتظم تروى الأرض كلما انخفضت الرطوبة الأرضية إلى نحو ٥٠٪ من السعة الحقلية، وفى حالة الرى غير المنتظم يترك الحقل أحيانًا دون رى لحين انخفاض الرطوبة الأرضية إلى ما دون المستوى الميسر لاستعمال النبات (عن Matkin وآخرين ١٩٥٧).

طرق الرى

تتعدد الطرق المستخدمة فى رى محاصيل الخضر، ويتوقف اختيار الطريقة المثلى للرى على المحصول المزروع، ومدى توفر ماء الرى، والظروف الجوية، ونوع التربة وخصائصها. كما تتدخل عوامل أخرى كثيرة فى اختيار الطريقة المثلى للرى؛ مثل: مستوى الملوحة فى التربة وفى ماء الرى، والغرض من الزراعة، وتركيب طبقة تحت التربة وغيرها من العوامل. وستتضح أهمية ذلك عند مناقشة طرق الرى المختلفة ومزاياها وعيوبها.

الرى السطحى

يتم الرى السطحى Surface Irrigation بواسطة قنوات الرى الرئيسية والفرعية. ويجب أن يكون مستوى القنوات الرئيسية أعلى من مستوى الحقل قليلاً؛ حتى يصل الماء بسهولة للقنوات الفرعية، كما يجب أن يكون قاع القنوات الفرعية فى مستوى سطح الأرض؛ حتى يمكن صرف الماء الزائد بسهولة من الأحواض عقب الرى إذا لزم الأمر. أما حجم القنوات الرئيسية والفرعية، فيتوقف على التصرف المائى اللازم مروره فيها.

وقد يبدأ الرى السطحى من نهاية قناة الرى، وينتهى الرى عند منبع القناة، ويتبع ذلك النظام فى الأراضى المستوية أو المنحدرة قليلاً لتجنب انطلاق الماء إلى الأرض المروية بسبب بطء تيار الماء فى القناة أو بالرشح من قناة الرى. ويسمى هذا النظام بـ "الرىّ على الطالع". وقد يبدأ الرى السطحى من بداية قناة الرى، وينتهى مع نهايتها، ويتبع هذا النظام فى الأراضى الشديدة الانحدار لتجنب غرق الأرض التى تكون قد رويت بالفعل. ويسمى هذا النظام بـ "الرىّ على النازل".

وقد تستخدم السيفونات لنقل الماء من القناة الرئيسية إلى قنوات الخطوط، دون الحاجة إلى عمل فتحة بينهما (شكل ١٦-٥). وتصنع أنابيب السيفونات من المعدن أو البلاستيك أو المطاط.

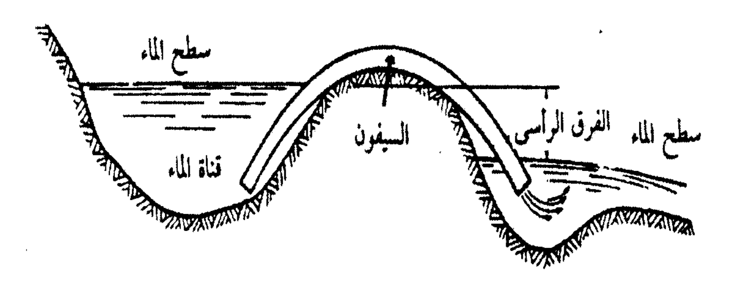
ويتحدد مقدار تصرف الماء من السيفون بكل من قُطْره الداخلى والمسافة الرأسية بين مستوى سطح الماء عند مصدر الماء وعند قناة الخط (الفارق head). وعندما لا يكون طرف السيفون مغمورًا فى مياه قناة الخط يعتبر الفارق head هو المسافة بين وسط فتحة السيفون ومستوى سطح الماء فى المصدر (شكل ١٦-٦).

وتزود بعض السيفونات بنهايات يمكن تحريكها adjustable slide gate، وبذلك يمكن التحكم فى الفارق الرأسى؛ ومن ثم فى معدل تصرف الماء.

هذا .. ويجرى الرى السطحى عبر الخطوط (الخبوب) والمصاطب، أو بطريقة غمر الأحواض، ويتوقف ذلك على طريقة الزراعة.



شكل (١٦-٥): استخدام السيفونات فى الرى السطحى.



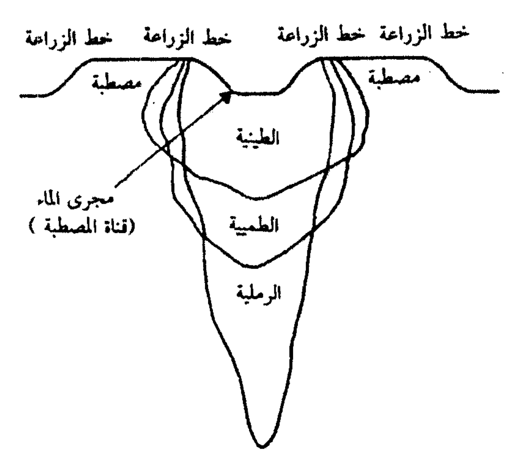
شكل (١٦-٦): الفارق الرأسى (head) فى نظام الرى بالسيفونات.

١- الرى عبر الخطوط (الخبوب) والمصاطب:

يتم فى هذه الطريقة توصيل مياه الرى عبر قنوات الخطوط أو المصاطب (Furrow Irrigation) مع بل كل الأرض - أو معظمها - بين القنوات. ويمكن اتباع هذه

الطريقة حتى فى رى التلال المنحدرة بجعل قنوات الرى تتبع الكنتور. شريطة أن تكون الأرض مائلة قليلاً فى اتجاه تيار ماء الرى؛ للسماح بتدفق الماء ببطء.

هذا .. ولا يكون توزيع الماء فى الحقل متساويًا عند الرى بهذه الطريقة. ويوضح شكل (١٦-٧) المقطع الذى تصل إليه مياه الرى فى الأراضى المختلفة القوام. يتضح من الشكل أن المقطع يكون فى الأراضى الطينية أعرض وأقل عمقًا منه فى الأراضى الرملية، وتكون الأراضى الطميية وسطًا بينهما. ويتضح من الشكل أيضًا أن ماء الرى لا يبلل وسط المصاطب، خاصة فى الأراضى الخفيفة، أو عندما يزيد عرض المصطبة على ٩٠ سم. ويعنى ذلك أن التربة تجف تدريجيًّا وسط المصاطب، ولا تستفيد منها جذور النباتات (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).



شكل (١٦-٧): مقطع (إلة الذى تصل إليه مياه الرى السطحى فى الأراضى المختلفة القوام.

٢- الرى بطريقة غمر الأحواض:

يتطلب الرى بطريقة غمر الأحواض flooding أن تكون الأرض تامة الانبساط. تجهز المنطقة التى يلزم ريها بتقسيمها إلى أحواض بواسطة "البتون". وتتوقف مساحة الحوض على درجة انحدار الأرض؛ حيث تقل مساحته مع زيادة درجة الانحدار.

هذا .. ويعطى Booher (١٩٧٤) كافة التفاصيل الفنية المتعلقة بالرى السطحى.

ويلزم لنجاح الرى السطحى أن تتحقق الشروط التالية:

أ- أن تتوفر كميات كبيرة من ماء الرى.

ب- أن تكون التربة منحدرة قليلاً وبانتظام.

جـ- أن يكون الماء فى مستوى أعلى قليلاً من مستوى سطح التربة، ولا يلزم مجهود خاص لرفعه.

د- أن يكون معدل تسرب الماء فى التربة منخفضًا إلى متوسطًا.

هـ- أن تكون التربة جيدة الصرف.

مزايا وعيوب الرى السطحى

يعتبر الرى السطحى أسهل وأرخص طريقة للرى عندما تتحقق الشروط السابقة الذكر، لكن يعيبه ما يلى:

١يحتاج إلى توفر الأيدى العاملة المدربة للقيام بعملية الرى.

٢- تتزهر الأملاح على سطح التربة فى الأراضى الملحية، خاصة عندما لا تتوفر المصارف الملائمة.

٣-يُفقد الكثير من ماء الرى فى الأراضى المسامية الخفيفة.

٤-لا يكون توزيع الماء متجانسًا فى الحقل.

٥-لا يمكن إجراء الرى السطحى فى الأراضى غير المستوية.

الرى بالفقاعات

إن الرى بالفقاعات Bubblers هو فى حقيقته رى سطحى؛ حيث يخرج الماء من أنابيب الرى على صورة فقاعة كبيرة؛ لينتشر سريعًا فى المساحة التى يُراد ريها. ويكون معدل تصريف المياه فى هذا النظام أقل بكثير مما فى حالة الرى السطحى بالغمر؛ وبذا .. يقل الفاقد فى مياه الرى. كما أنه يشجع على تعمق الجذور وانتشارها أفقيًا بصورة متجانسة.

يصل الماء إلى الفقاعات من خلال شبكة رى بالخراطيم. ويمكن تغيير مكان الفقاعة

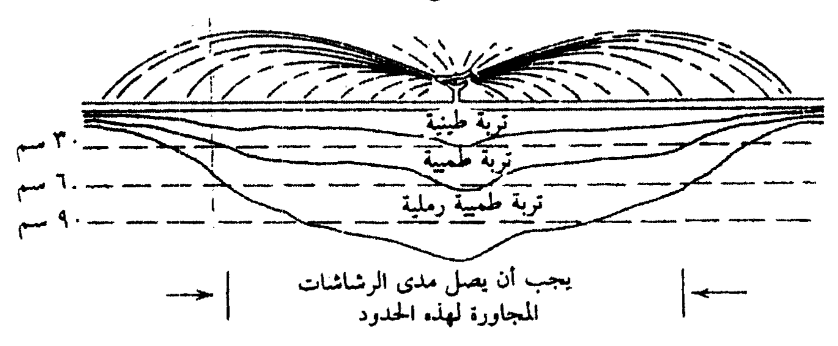
بتحريك الذراع التى تتصل بشبكة الرى، والتى تثبت فى التربة من قاعدتها. بينما تخرج مياه الرى من قمتها.

يناسب هذا النظام رى أشجار الفاكهة، كما يمكن استخدامه فى رى الخضر المزروعة فى أحواض كبديل لكل من طريقتى الرى بالغمر والرى بالرش.

الرى بالرش

يتم فى حالة الرى بالرش Sprinkler Irrigation توصيل المياه إلى الحقل من خلال رشاشات أو ثقوب دقيقة كثيرة فى أنابيب خاصة للرى؛ بحيث يغطى الماء كل المساحة المزروعة. هذا .. إلا أن توزيع الماء لا يكون متساويًا فى كل المنطقة التى يغطيها الرشاش، كما يتضح من شكل (١٦-٨)، ويتوقف ذلك على طبيعة التربة.

وبمقارنة الأراضى المختلفة القوام نجد أن التربة تبل تحت كل رشاش إلى عمق يصل إلى ٣٠ سم فى الأراضى الرملية، وحوالى ٦٠ سم فى الأراضى الطميية، ونحو ٩٠ سم فى الأراضى الطينية، ولكن العمق الذى يصل إليه ماء الرى يقل بالاتجاه نحو أطراف دائرة الرش. حتى يصل إلى حوالى ٢,٥، و ٧,٥، و ١٥ سم تقريبًا عند محيط دائرة الرش فى الأنواع الثلاثة من الأراضى على التوالى؛ وعليه .. فإنه يجب أن تتداخل المساحات التى تغطيها الرشاشات المتجاورة بمقدار ٤٠٪ من المدى الذى يصل إليه ماء الرش بواقع ٢٠٪ من المدى من كل جانب، كما هو مبين فى شكل (١٦-٨).



شكل (١٦-٨) مقطع التربة المبتل بالماء من رشاش واحد فى الأنواع المختلفة من الأراضى.

ويتراوح الضغط المستخدم فى النظم المختلفة للرى بالرش بين ٢,٥ كجم و ٤,٢ كجم/سم٢ (بالمقارنة بنحو ١ كجم/سم٢ أو أقل فى حالة الرى بالتنقيط).

ويتوقف اتخاذ القرار بشأن اتباع طريقة الرى بالرش من عدمه على العوامل التالية:

١- مدى توفر ماء الرى، ومدى الحاجة إلى الرى، واحتمالات التوسع مستقبلاً.

٢- تكاليف التشغيل التى تعتمد على:

أ- نوع الطاقة المستخدمة.

ب- المسافة من مصدر الماء إلى الحقل.

جـ- طوبوغرافية الأرض، ومستوى ارتفاعها عن سطح الماء المستخدم فى الرى.

٣- العوامل الجوية، مثل سرعة الرياح واتجاهها.

٤- طبيعة الأرض، ومعدل نفاذيتها للماء، ومقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

ونستعرض — فيما يلى — كافة النظم الهامة التى تُعَدُّ ريًّا بالرش.

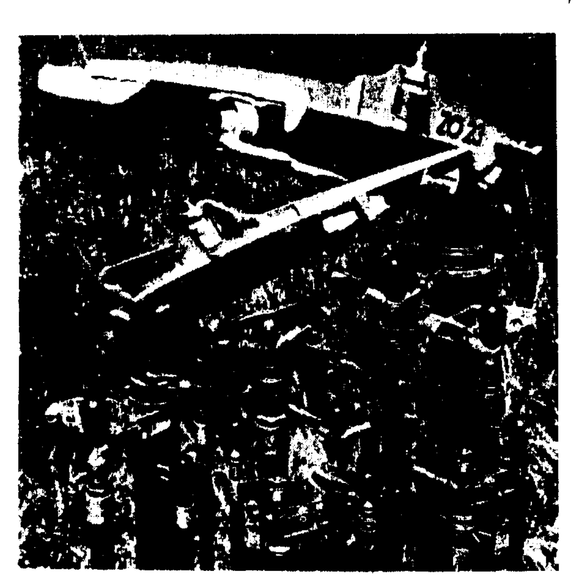
الرشاشات الدوارة Rotary Sprinker System

تعتبر الرشاشات الدوارة من أكثر نظم الرى بالرش شيوعًا. ويمكن أن يستخدم معها نظام الأنابيب المتحركة أو نصف المتحركة. وفى الحالة الأولى تنقل المضخة والأنابيب الرئيسية والفرعية من حقل إلى آخر. وتصنع الأنابيب من الصلب أو الألومنيوم، وتثبت بها الرشاشات على مسافات محدودة (شكل ١٦-٩؛ يوجد فى آخر الكتاب).

تثبت الرشاشات غالبًا على بعد نحو ٦ أمتار من بعضها البعض على امتداد خطوط الأنابيب التى تبعد عن بعضها بحوالى ١٢م، مع استخدام ضغط حوالى ٦ كجم/سم٢ (٢٠ رطلاً/بوصة٢). وقد تثبت الرشاشات الأكبر على مسافة ١٢م من بعضها البعض، والأنابيب على مسافة ٢٠-٢٥م، مع استخدام ضغط حوالى ١٤ كجم/سم٢ (٤٥ رطلاً/بوصة٢)، وبذلك يمكن — عند استخدام خط أنابيب طوله ١٣٠م — رى مساحة ٣ أفدنة بمقدار ٢,٥ سم من الماء (عمقًا) خلال فترة ١٠ ساعات. وقد تستخدم رشاشات أكبر تغطى مساحة قطرها ١٠٠-١٣٠م، وتتطلب ضغطًا مقداره ٣٢ كجم/سم٢ (١٠٠ رطلاً/بوصة٢)

ويتوقف الضغط المستعملة على حجم الرشاشات والمسافة بين كل منها والأخرى. وكذلك المسافة بين خطوط أنابيب الرى. وكلما كبرت الرشاشات، ازداد الضغط اللازم لتحريكها، وازدادت المساحة التى يتم ربها.

هذا .. وتدور الرشاشات بفعل ضغط الماء عليها من خلال تأثير تيار الماء على تحريك ذراع lever arm بسرعة إلى خارج تأثير الماء المندفع. وبمجرد حدوث ذلك ترجع الذراع إلى مكانها بفعل زنبرك؛ حيث يدفعه تيار الماء مرة أخرى، وهكذا. ومع حركة الذراع السريعة هذه تدور الرشاشات ببطء. ويوضح شكل (١٦-١٠) عددًا من الرشاشات المختلفة الأحجام.



شكل (١٦-١٠): رشاشات دوارة مختلفة الأنواع والأحجام.

من أهم مزايا هذا النظام للرى ما يلى:

١- يتطلب وقتًا أقل للرى، عما هو فى النظم السابقة.

٢- لا يحتاج إلى دعائم لتثبيت الأنابيب؛ حيث تستقر الأنابيب فوق سطح الأرض. أما الأنابيب الرأسية التى تحمل الرشاشات، فإنها تثبت فى خط أنابيب الرى بقلاوظ.

٣- يخرج ماء الرى من فتحة أكبر مما هى فى النظم السابقة؛ وبذلك تقل فرصة انسداد الرشاشات بما قد يوجد فى ماء الرى من شوائب.

لكن هذا النظام يعيبه صعوبة المرور فى الحقل لنقل الأنابيب بعد انتهاء الرى؛ لذا يفضل استعمال خطين بالتبادل.

تصميم شبكة الرى بالرشاشات الدوارة

يجب تصميم شبكة الرى بالرشاشات الدوارة؛ بحيث يكون توزيع مياه الرى متجانسًا إلى أكبر درجة ممكنة. كما يجب أن تكون معدلات الرى أقل من قدرة التربة على تسريب الماء ونفاذه من خلالها. وُتحقق معدلات الرى المنخفضة المزايا التالية:

١- تقلل من فرصة تعجن التربة السطحية؛ الأمر الذى يعد السبب الرئيسى فى تكوين القشرة السطحية التى تعوق إنبات البذور.

٢- تؤدى إلى غسيل كميات أكبر من الأملاح — لكل كمية من مياه الرى المضافة — مقارنة بمعدلات الرى العالية.

٣- يمكن مع معدلات الرى المنخفضة استعمال عدد أكبر من التفرعات الجانبية لشبكة الرى فى وقت واحد. وبالرغم من أن الرى بهذا النظام يستغرق وقتًا أطول لإكمال رى الشريط الذى تغطيه الرشاشات، إلاّ أن المساحة التى يتم ريها فى وقت واحد تكون أكبر، كما تقل الحاجة إلى إعادة فك وتركيب شبكة الرى.

وتتوقف مساحة الدائرة التى يرويها كل رشاش على تصرفه وضغط التشغيل المناسب له. ولا يكون انتشار الماء متجانسًا فى تلك الدائرة، ولكن يمكن تحقيق قدر كبير من التجانس فى الرى عند ترتيب الرشاشات بحيث تتداخل الدوائر التى تغطيها.

وبسبب الفقد فى الضغط — الذى يحدث نتيجة لاحتكاك الماء بجدر أنبوب الرى المثبت عليه الرشاشات — فإن تصرّف الماء من الرشاشات ينخفض تدريجيًّا مع الابتعاد عن بداية أنبوب الرى. ولذا .. فإن عدد الرشاشات — ومن ثم طول خط أنابيب الرى —

يتحدد بالنقص المسموح به فى تصريف الماء بين أول وآخر رشاش، وهو ما يجب ألا يتجاوز ١٠٪ من تصرف الرشاش الأول.

وتقل كمية الماء التى تصل إلى منطقة نمو الجذور فى التربة عن تصريف الرشاشات؛ بسبب الفقد بالبخر والرياح قبل وصول الماء إلى سطح التربة، وبالتبخر من النموات الخضرية المبتلة ومن سطح التربة بعد وصول الماء إليها، وبالتسرب العميق لمياه الرى فى الأراضى ذات النفاذية العالية.

وتعرف نسبة المياه الفعّالة (التى تصل إلى منطقة نمو الجذور) إلى المياه التى تتم تصريفها من الرشاشات باسم "كفاءة الرى" Irrigation Efficiency، وهى تتراوح عادة بين ٧٠٪ و ٨٠٪.

وتختلف الأراضى من حيث مدى قابليتها لتلقى مياه الرى — حسب طبيعتها — كما يلى:

نوع التربة	معدل الرى المناسب (مم/ساعة)
الطينية	١–٥
الطينية الطميية	٦–٨
السلتية الطميية	٧–١٠
الرملية الطميية	٨–١٢
الرملية	١٠–٢٥

ويتم تشغيل الرشاشات الدوارة تحت مدى واسع من الضغط، ويتوفر لكل ضغط الرشاشات التى تناسبه (من حيث اتساع فتحة الرشاش "البشبورى أو البزباز")؛ لتعطى أفضل انتشار لمياه الرى. وتقسم الرشاشات — عمومًا — إلى ثلاث مجموعات حسب الضغط الذى يناسب تشغيلها، كما فى جدول (١٦–٧).

وتعنى زيادة الضغط المستعمل زيادة كبيرة فى تكاليف التشغيل؛ ولذا .. فإن الرشاشات التى يناسب تشغيلها ضَغْط منخفض أو متوسط تكون هى الأفضل عندما لا تكون الحقول المطلوب ريها كبيرة.

جدول (١٦-٧): المواصفات العامة للرشاشات مقسمة إلى ثلاث مجموعات حسب الضغط الذى يناسب تشكيلها.

المواصفات	الضغط المناسب		
	منخفض	متوسط	عالى
ضغط التشغيل المناسب (ضغط جوى)	١-٢	٢-٥	٥-١٠
قطر البشبورى "البزباز" (مم)	١,٥-٦	٦-٢٠	٢٠-٤٠
التصريف (لتر/ثانية)	٠,٠٦-١,٠	٠,٢٥-١٠	١٠-٥٠
قطر المساحة التى يتم ريها (متر)	٦-٣٥	٢٥-٨٠	٨٠-١٤٠
المسافة بين الرشاشات (متر)	٩-١٨	١٨-٥٤	٥٤-١٠٠

وتستخدم الرشاشات ذات الضغط المنخفض فى رى البساتين والأشجار تحت مستوى النموات الخضرية، وكذلك فى الأراضى الشديدة النفاذية للماء، ولرى المساحات الصغيرة.

وتستخدم الرشاشات ذات الضغط المتوسط لرى المساحات الأكبر، وخاصة فى المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر.

أما الرشاشات ذات الضغط العالى فإنها تستعمل لرى المحاصيل الحقلية التى تزرع فى مساحات شاسعة؛ مثل: بنجر السكر. وتستعمل لذلك رشاشات عملاقة تحت ضغط يصل إلى ١٠ ضغط جوى؛ لتغطى دائرة يصل قطرها إلى ١٠٠م فى رى حقول بنجر السكر والأشجار فوق مستوى نموها الخضرى.

تثبت الرشاشات — عادة — على أنابيب قائمة سُمْكُها ٢٥ مم، وارتفاعها يتراوح بين متر واحد ومترين على مسافات منتظمة على امتداد الأنبوبة الرئيسية الموصلة للماء؛ وبذا يَرْوِى خط الأنابيب والرشاشات المثبتة عليه شريحة مستطيلة من الحقل. وعندما تحصل تلك الشريحة على كمية مياه الرى اللازمة لها، يتم نقل خط الأنابيب وما عليه من رشاشات إلى موقع مجاور لرى شريحة أخرى .. وهكذا. وبهذه الطريقة يمكن رى الحقل كله بخط واحد أو خطين.

يتكون خط الأنابيب المثبت عليه الرشاشات (يعرف باسم lateral) من عدة أنابيب مزودة فى نهاياتها بالوسائل لوصلها ببعضها ببعض وفكها بسهولة تامة.

وإذا أردنا التخطيط لرى حقل تبلغ أبعاده ١٢٠ × ١٦٠م، مع استعمال رشاشات يناسبها ضغط متوسط، ومع الحاجة إلى الرى بمعدل ٦٠ مم من الماء كل ١٠ أيام (علمًا بأن أقصى قدرة للتربة لتقبل الماء هى ٨,٥ مم/ساعة، وأن كفاءة الرى هى ٨٠٪) فإن كمية الماء التى يتعين رشها تكون ٧٥ مم، وأقصى معدل لذلك يكون ١٠,٦ مم/ساعة.

نظام الأنابيب المتحركة على عجل

يناسب نظام الرى بالأنابيب المتحركة على عجل Sideroll Move Wheel System الحقول المستطيلة الشكل المستوية، والتى تكون خالية من أية إعاقات لحركة شبكة الرى.

يتوزع ماء الرى فى هذا النظام من خلال رشاشات مثبتة على أنابيب من الألومنيوم أو الصلب المجلفن التى تُوصَّلُ مع بعضُها ببعض بإحكام. يشكل خط أنابيب الرى محورًا للعجلات التى تتحرك عليها الشبكة. يصل طول الأنابيب إلى ٤٠٠م. ويتم تحريك الشبكة — على العجل — بآلة تُثَبَّتُ عند منتصف خط الأنابيب، أو بآلة خارجية تُوجد عند أحد طرفى الخط.

يتكون نظام الرى — غالبًا — من أنابيب بطول ١٢,٢م لكل منها، يتراوح قطرها بين ١٠٠مم–١٢٥مم، وسمكها ١,٨ مم. وتتوزع الرشاشات كل ١٢,٢م بامتداد خط الأنابيب، كما تتوزع العجلات كل ١٢,٢م أيضًا، وتكون فى منتصف كل أنبوبة؛ وبذا .. يتكون الخط الذى يبلغ طوله ٤٠٠م من ٣٢ أنبوبة، و ٣٢ عجلة لحمل الشبكة، بالإضافة إلى ٤ عجلات إضافية عند وحدة القيادة (عن Shankar ١٩٨٨).

أما خط أنابيب الرى الرئيسى، فإنه إما أن يكون من أنابيب غير ثابتة يمكن تحريكها، وإما من خط أنابيب ثابت، مع عمل توصيلات لخط الرى المثبت على عجل على الأبعاد المناسبة.

ويتم تحريك جهاز الرى كله إلى كل موقع جديد بماكينة تعمل بالسولار فى مركز خط الرى. وقد تثبت أحيانًا فى أحد طرفى الخط مع ذراع لنقل الحركة متصل بالمركز؛ حيث توجد عجلة القيادة.

هذا .. ويبلغ طول ذراع الرى نحو ٤٠٠م كما أسلفنا، وقد يكون أطول من ذلك أحيانًا، ويوجد على ارتفاع ١٢م من سطح الأرض.

نظام الرى المحورى Center–Pivot System

يتم فى هذا النظام تثبيت أنبوب الرى (المصنوع من الصلب غالبًا) والرشاشات على هياكل أو أبراج بشكل حرف A مرتكزة على عجل، ويدور الخط كله حول نقطة مركزية هى طرفه الداخلى؛ حيث توجد – غالبًا – بئر مياه الرى، وتسمح الوصلات بين أجزاء هذا الجهاز بالمرور فوق الأجزاء المرتفعة أو المنخفضة من الحقل دون أية مشاكل (شكل ١٦–١١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

يقوم كل جهاز محورى pivot برىٍّ دائرة تتراوح مساحتها بين ١٩ و ١٩٠ فدانًا أو أكثر، ويتوقف ذلك على طول خط الأنابيب الذى يتراوح غالبًا بين ١٥٠ و ٤٥٠م طولاً.

تتوزع الأبراج كل حوالى ٣٠ مترًا، وتتصل بعضها ببعض بوصلات خاصة. ونظرًا لأن كل برج منها يجب أن يتحرك بسرعة مختلفة لإبقاء خط الأنابيب مستقيمًا؛ لذا .. فإن لكل برج نظام قيادة خاصًّا به يمكن تعديله.

ومع زيادة المسافة من مركز الدائرة تزداد المساحة التى يجب ريها لكل جزء من خط الأنابيب؛ ولهذا فإن معدل تصريف الرشاشات تجب زيادته، أو يتم تضيق المسافة بين الرشاشات؛ حتى يمكن الحصول على رى متجانس فى كل حقل. أما معدلات الرى، فيتم التحكم فيها من خلال حجم الرشاشات (معدل تصريفها)، وضغط التشغيل، وسرعة دوران جهاز الرش كله.

ويمكن – فى بعض أنواع الرى المحورى – تحريك الجهاز كله من حقل إلى آخر بواسطة جرار. ولكى يتم ذلك .. يُدار العجل بزاوية ٩٠° (أو قائمة) ليصبح موازيًا لخط الرى نفسه. ولكن يندر تحريك أجهزة الرى المحورى من مكانها، وإذا حدث ذلك فإنه يقتصر على الأجهزة الصغيرة.

ويتميز هذا النظام للرى بأن ارتفاع خط الأنابيب يصل إلى ٢,٥-٣ أمتار. وبذلك يمكن إجراء العمليات الزراعية بسهولة.

وأكبر عيوب هذا النظام هى زيادة التكلفة الإنشائية، وأن الحقل يكون دائمًا داثريًا؛ نظرًا لأنه لا يمكن رى أركان الحقول المربعة. ويمكن علاج هذه المشكلة بتركيب رشاشات كبيرة فى طرفى خط أنابيب الرى، مع تشغيلها فقط عندما تكون الأطراف فى الأركان (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

الرى بالرذاذ أو بـ "التضبيب" Mist Irrigation

يندفع الماء فى هذا النظام للرى تحت ضغط مرتفع؛ فيخرج فى صورة ضباب كثيف يحيط بالنباتات، وسرعان ما يتساقط على سطح التربة. ويستخدم هذا النظام بصفة خاصة فى البيوت المحمية؛ لأنه يتأثر بشدة بالرياح فى الحقول المكشوفة. ويؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية إلى التقليل كثيرًا من فقدان الماء بالتبخر.

يوصى بأن يكون الرى بالرذاذ بمعدل ١-١,٥مم/ساعة فى الأوقات الحارة؛ لأن ذلك يؤدى إلى زيادة النمو والتطور الطبيعيين، وإلى زيادة المحصول وتحسن نوعيته فى بعض المحاصيل؛ كالطماطم (عن Bible وآخرين ١٩٦٨).

وأكثر استخدامات الرى بالرذاذ هى فى الإكثار؛ خاصة الإكثار بالعقل (Welch ١٩٧٠).

ومن مزايا الرى بالرذاذ ما يلى:

١- تلطيف درجة الحرارة فى الجو الحار:

فمثلاً .. أدى الرى بالرذاذ بمعدل ٦-٩ مم/يوم أثناء فترة ارتفاع الحرارة (٣٠-٣٣°م) إلى خفض الحرارة نهارًا لأكثر من ٩ درجات مئوية، واستمر ذلك التأثير لعدة ساعات.

٢- زيادة المحصول:

ففى الطماطم ازداد المحصول الصالح للتسويق بمقدار ٣٠٪-٥٠٪ فى الأصناف

المختلفة، وفي القاوون ازداد المحصول بمقدار ٣٣٪، وفي الخيار بمقدار ٧٠٪. وقد أرجعت الزيادة في المحصول إلى تقليل الشدّ الرطوبي داخل النبات، وبقاء الثغور مفتوحة (Bible وآخرون ١٩٦٨).

ويعتبر فقد الماء بالتبخر — في الجو الحار الجاف — هو أكبر عيوب الري بالرذاذ.

وإلى جانب طرق الري بالرش الشائعة التي أسلفنا بيانها .. توجد طرق أخرى قديمة وأوشكت على الاندثار، وطرق أخرى حديثة آخذة في الانتشار.

ومن الطرق القديمة الآخذة في الاندثار ما يلي:

١-نظام الأنابيب العديدة البشابير أو الأنابيب المتأرجحة Nozzle line or oscillating pipe line

يوجد بكل أنبوب من أنابيب الري خط واحد من الثقوب الرفيعة nozzles على مسافات ثابتة من ٦٠-١٥٠ سم. ويمكن إدارة الأنابيب بزاوية مقدارها ١٨٠°م إما يدويًّا أو آليًّا بواسطة جهاز خاص يسمى Oscollator. وبذلك يمكن ري شريط من الأرض على كل من جانبي خط أنبوب الري. ويتراوح معدل الري غالبًا بين ٠,٠٠٨ و ٠,٠٢ لترًا/ثانية من الثقب الواحد.

٢- نظام الأنابيب المثقبة Perforated–Pipe System

يستخدم في هذا النظام أنابيب من الصلب أو الألومنيوم مثقبة بثقوب دقيقة جدًّا. ويروى كل خط مساحة مستطيلة من الأرض، يتراوح عرضها بين ٦-١٥م، ويتوقف طولها على طول خط أنابيب الري. يندفع الماء تحت ضغط من ١/٤-٢ كجم/سم٢. ويتراوح معدل الري بهذه الطريقة من ١٦-٥٠ مم/ساعة. ويؤثر الضغط المستعمل على عرض المساحة المروية.

ويتحدد قطر الأنابيب المستخدمة بطول خط الري، فيجب زيادة القطر مع زيادة طول خط أنابيب الري. وعمومًا .. يتراوح قطر الأنابيب المستخدمة في هذا النظام بين ٥ سم و ٢٥ سم.

ومن الطرق الأحدث للري بالرش، ما يلي:

١-نظام الرى بالمدفع Gun System

يوجد فى هذا النظام للرى رشاش واحد كبير يقوم برى مساحة ١-٥,٥ فدانًا حسب حجم الرشاش، ومقدار ضغط الماء المستعمل. يندفع الماء من الرشاش بقوة كبيرة لمسافات طويلة. وأثناء الرى يتحرك الرشاش جانبيًّا، وبذلك تكون المساحة المروية على شكل نصف دائرة، كما يتحرك الرشاش نحو الخلف (أى نحو مصدر الماء). وتتم هذه الحركة يدويًا، أو بالجرار، أو بحركة ذاتية (شكل ١٦-١٣؛ يوجد فى آخر الكتاب).

وفى حالة النقل اليدوى أو بالجرار، فإن الرشاش ينقل إلى موضعه الجديد لرى مساحة جديدة. أما فى حالة الحركة الذاتية، فإن الرشاش ينقل من أحد طرفى الحقل إلى الطرف الآخر أثناء عملية الرى. وقد تتم هذه الحركة بقوة دفع الماء أو آليًّا. ويتم فى هذه الحالة توصيل الماء إلى الرشاش بخرطوم؛ حيث يفرد الخرطوم؛ بحيث يصبح الرشاش فى طرف الحقل. وأثناء الرى يتم لف الخرطوم تدريجيًّا إلى أن ينتقل الرشاش إلى الطرف الآخر للحقل عند مصدر الماء، ثم يعاد نقله إلى موضع آخر، وهكذا.

٢- نظام الرى فى خط مستقيم

يستخدم نظام الرى فى خط مستقيم Linear System فى رى الحقول الكبيرة (١٠٠-٢٠٠ هكتار) المستطيلة أو المربعة الشكل. تتكون الشبكة من ذراعين طويلتين (حتى ٩٠٠م طولاً) عاليتين ومحملتين على عجل، وتتحركان بامتداد الحقل الذى يمكن أن يصل طوله إلى ٢٥٠٠م. تحصل الذراعان على ماء الرى من قناة توجد فى منتصف الحقل. ويخدم الجهاز طريق واحد يوجد على أحد جانبى الجهاز، حيث يتم التحكم فى تشغيل شبكة الرى. ويسمح هذا النظام للرى بمعدلات تتراوح بين ٥ مم، و ١٠٠ مم من الماء (عمقًا مثل حساب كمية الأمطار) يوميًّا.

مزايا الرى بالرش

من مزايا الرى بالرش ما يلى:

١- التوفير فى ماء الرى.

٢- لا تلزم إقامة مساق أو بتون للتحكم فى الرى، وتتوفر تلك المساحة للزراعة.

٣- يمكن تنظيم شبكة الرى بالرش؛ بحيث لا تتعارض مع العمليات الزراعية المختلفة.

٤- يجرى بسهولة عند عدم توفر العمال المدربين اللازمين لإجراء عملية الرى السطحى.

٥- يمكن إجراء الرى بالرش بسهولة فى الأراضى غير المستوية أو غير العميقة، والتى تؤدى تسويتها إلى ظهور مساحات غير صالحة للزراعة. كما أن هذا النوع من الرى يوفر فى تكاليف تسوية الأرض التى تلزم فى حالة الرى السطحى.

٦- يمكن إجراء الرى بالرش فى الأراضى الشديدة المسامية، والتى يصعب ريها بالطرق الأخرى.

٧- يمكن بواسطة الرى بالرش التحكم فى معدل الرى؛ بحيث لا تحدث أية تعرية للأرض.

٨- يمكن التحكم فى كمية المياه اللازمة للرى وحسابها بدقة أكثر مما فى طرق الرى الأخرى.

٩- يوزع ماء الرى بصورة أكثر تجانسًا مما فى طرق الرى الأخرى.

١٠- يكون الرى بالرش اقتصاديًّا وعمليًّا فى الحالات التى تتطلب الرى الخفيف على فترات متقاربة، كما هى الحال فى الظروف الآتية:

أ- عند إنبات البذور.

ب- عند رى النباتات ذات الجذور السطحية.

جـ- التحكم فى درجة حرارة التربة لبعض الخضرات، مثل الخس.

د- فى الأراضى المسامية أو غير العميقة.

١١- يمكن إضافة الأسمدة مع ماء الرى بالرش.

١٢- يمكن حماية النباتات من الصقيع بالرش الخفيف طوال فترة انخفاض درجة الحرارة عن الصفر المئوى.

١٣- لا تتزهر الأملاح على سطح التربة عند اتباع طريقة الرى بالرش.

١٤- يؤدى ماء الرى بالرش إلى إزالة الأتربة من على سطح الأوراق؛ فتزداد كفاءتها في البناء الضوئى.

١٥- يفيد الرى بالرش عند الرغبة في استزراع الأراضى الجديدة، دون انتظار لعمليات التسوية الباهظة التكاليف.

١٦- يتطلب الماء طلمبات لرفعه فى حالة الرى السطحى، ولكن التكاليف الإضافية للطاقة اللازمة لدفعه فى أنابيب الرش تكون قليلة نسبيًّا.

١٧- إذا كان مصدر ماء الرى مرتفعًا عن مستوى الحقل، فإن الرى بالرش يتم بفعل قوة الجاذبية.

١٨- إذا كان مصدر ماء الرى هو نفس مصدر ماء الشرب، فإنه يمكن استخدام نفس الأنابيب (عن Pillsbury ١٩٦٨).

١٩- يؤدى الرى بالرش إلى خفض معدلات الإصابة بأمراض البياض الدقيقى التى لا يناسب جراثيمها وجود رطوبة حرة على سطح الأوراق.

٢٠- يعمل الرى بالرش — كذلك — على زيادة الرطوبة النسبية وخفض درجة الحرارة فى جو الحقل (عن Dixon ١٩٨١).

عيوب الرى بالرش

من عيوب الرى بالرش ما يلى:

١- زيادة تكاليف الرى نتيجة للعوامل التالية:

أ- زيادة التكاليف الإنشائية المستثمرة فى نظام الرى.

ب- الحاجة إلى طاقة لضخ الماء فى أنابيب الرى.

جـ- الحاجة إلى الأيدى العاملة عند استعمال أنابيب متنقلة للرى.

٢- تعارض الرياح القوية مع الرى عندما يتطلب الأمر إجراء الرى فى الأوقات الحرجة. وإذا أُجرى الرى تحت هذه الظروف،فإن توزيع الماء لا يكون متجانسًا، كما يُفْقد جزء كبير منه بالتبخر؛ ولذا .. فإنه لاينصح بالرى بالرش عندما تزيد سرعة الهواء على ٦كم/ساعة.

٣- توجد مشاكل تتعلق بعملية الرى بالرش؛ منها المشاكل الميكانيكية التى تعود إلى عدم دوران الرشاشات أو انسدادها، ومشاكل تحريك الأنابيب فى الأراضى وهى مبتلة.

٤- يحدث فقد فى الماء بالتبخر قبل أن يصل إلى سطح التربة، ويزداد مقدار الفقد مع زيادة سرعة الهواء، وارتفاع درجة الحرارة، ونقص الرطوبة النسبية، وصغر حجم قطرات الماء، كما يتبخر جزء آخر من الماء من على الأسطح النباتية.

٥- يؤدى الرى بالرش — بمياه تحتوى على تركيزات مرتفعة من أيونات الكلور أو الصوديوم — إلى الإضرار بالنموات الخضرية، خاصة فى الجو الحار، حيث يتبخر جزء من الماء من على سطح الأوراق قبل أن تكمل الرشاشات دورة أخرى. ولتفادى ذلك ينصح بعدم استعمال مثل هذه المياه فى الرى بالرش، أو بزيادة سرعة الرشاشات، أو بالرى ليلاً حيث يقل التبخر.

٦- لا يصلح الرى بالرش فى حقول إنتاج بذور الخضر.

٧- تؤدى قطرات الماء الكبيرة — عند الرى بالرش — إلى تحطيم تجمعات التربة وتكوين القشور على السطح. ولتلافى ذلك يراعى زيادة الضغط لتصغير حجم القطرات (Israelsen & Hansen ١٩٦٢، و Pillsbury ١٩٦٨).

٨- تنتشر عديد من المسببات المرضية عن طريق الرى بالرش، إما من خلال انتشار المسبب المرضى من على الأجزاء النباتية المصابة، وإما من خلال انتقاله مع التربة التى تتناثر بفعل مياه الرى، ومن هذه الأمراض ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

أ- الجرب والأنثراكنوز والعفن الأسود فى القاوون.

ب- تبقع الأوراق الزاوى (*Pseudomonas lachrymans*) فى الخيار.

جـ- اللفحة الهالية (*Pseudomonas phaseolicola*)، واللفحة البكتيرية (*Xanthomonas phaseoli*)، والعفن الرمادى (*Botrytis cinerea*) فى الفاصوليا.

د- اللفحة البكتيرية فى الفراولة.

هـ- الأنثراكنوز (*Colletotrichum phomoides*)، واللفحة البكتيرية (*Xanthomonas vesicatoria*)، واللفحة البكتيرية bacterial speck، وتبقع الأوراق الرمادى (*Stemphyllium botryosum* f. sp. *lycopersici*) فى الطماطم .

و– الندوة المتأخرة (*Phytophthora infestans*) فى البطاطس.

ز– الندوة المبكرة، والعفن الأسود (*Xanthomonas campestris*)، والجذر الصولجانى (*Plasmodiophora brassicae*) فى الصليبيات.

ويتفاعل تواجد الندى والرطوبة النسبية العالية مع الرى بالرش فى التأثير على تطور الإصابة بمختلف الأمراض. ويظهر هذا التفاعل بالنسبة لمرضَىّ الندوة المبكرة والندوة المتأخرة -- فى الطماطم — فى جدول (١٦–٨).

جدول (١٦–٨)تأثير كل من الندى والرى بالرش على الإصابةبكل من الندوة المبكرة (*Allernaria solani*) والندوة المتأخرة (*Phytophthora infestans*) فى الطماطم والبطاطس (عن Palti ١٩٨١).

الظروف البيئية	تطور الإصابة بـ	
	الندوة المبكرة	الندوة المتأخرة
جفاف تام مع غياب الندى	محدود عند الرى بالرش	لا تحدث إصابة
الحد الأدنى للرطوبة النسبية لا يزيد على ٣٥٪ – كثرة الندى ليلاً — انعدام الأمطار	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى بالرش أى تأثير	يلزم الرى بالرش لحدوث الإصابة وتطور الوباء
الحد الأدنى للرطوبة النسبية أعلى من ٦٠٪ – كثرة الندى ليلاً — انعدام المطر	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى بالرش أى تأثير	قد يكفى الندى لحدوث الإصابة، ولكن الرى بالرش يُسرع كثيرًا من حدوثها
الرطوبة النسبية دائمًا عالية — الندى غزير — انعدام المطر	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى أى تأثير	قد يكفى الندى وحده لحدوث الإصابة. ليس للرى بالرش أية أهمية

الرى بالتنقيط

يعتبر الهدف الرئيسى للرى بالتنقيط trickle, drip, or dribble irrigation هو توصيل الرطوبة الأرضية إلى السعة الحقلية فى منطقة محدودة حول النبات بغرض التوفير فى ماء الرى، وذلك بتقليل الفقد بالرشح، وتقليل التبخر السطحى بدرجة كبيرة. ويتراوح

معدل تصرف المياه من النقاط عادة من لتر إلى ١٠ لترات/ساعة، (لتر إلى ٤ لترات/ساعة فى الخضر، و ٤-١٠ لترات/ساعة فى الفاكهة).

شبكة الرى

يتكون نظام الرى بالتنقيط من أجزاء رئيسية؛ هى: ماكينة ضخ الماء، وصمام التحكم فى الضغطومرشح للماء، وخط أنابيب بلاستيكى (PVC) رئيسى header، وخطوط فرعية laterals، ومنقطات emitters. وقد تضاف أجهزة أخرى للتسميد الآلى، ولقياس كمية المياه flow meter، ولقياس الضغط فى النقاط المختلفة، وللتوقيت الإليكترونى للرى electronic timers، ولقياس رطوبة التربة Soil moisture sensors.

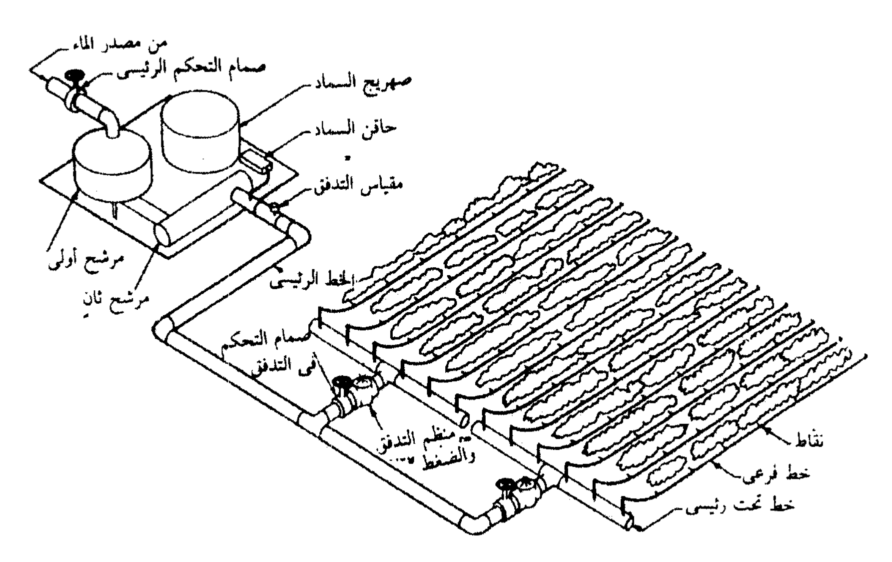
بالنسبة لماكينة ضخ الماء (الطلمبة)، فمضخة واحدة ذات قدرة محدودة تكفى؛ نظرًا لأن الرى يتم بمعدلات صغيرة جدًّا فى وحدة الزمن، ويتحقق ذلك بضغط منخفض. أما مرشح الماء فهو جزء ضرورى من نظام الرى بالتنقيط تجنبًا لانسداد المنقطات، وتستخدم لذلك غالبًا مرشحات من الرمل يلزم غسلها جيدًا كل ١-٤ ساعات حسب نوعية الماء المستخدم فى الرى. ويجرى غسيل المرشحات بإرجاع الماء فى المرشحات خلال الرمل بصورة عكسية.

وتتكون شبكة الرى بالتنقيط من أنابيب بلاستيكية (PVC) رئيسية كبيرة قطرها ٥ سم تغذى أنابيب فرعية متعامدة عليها قطرها ١,٢٥ سم تثبت عليها المنقطات، وهى أنابيب بلاستيكية رفيعة قطرها الداخلى يبلغ ٠,٩مم. وفى حقول الخضر التى تزرع على مسافات ضيقة تستخدم أنابيب مثقبة perforated lines بدلاً من المنقطات، أو تستخدم خراطيم ذاتية التنقيط.

فى حالة استخدام المنقطات، فإنها توزع على أنبوب الرى الفرعى على امتداد خط الزراعة على مسافة ٣٠-٦٠ سم حسب مسافة الزراعة، ومعدلات تدفق الماء، ودرجة نفاذية التربة (شكل ١٦-١٤).

هذا .. ويضخ الماء فى أنابيب الرى تحت ضغط منخفض يبلغ حوالى ١,٥

كجم/سم٢. ويلاحظ أن الضغط يقل تدريجيًا على امتداد خط أنابيب الرى؛ نتيجة للاحتكاك بين الماء وجدار الأنابيب. ويعالج ذلك بتسوية الأرض؛ بحيث تكون منحدرة قليلاً نحو الطرف البعيد للأنابيب؛ إذ يؤدى ذلك إلى معادلة النقص فى ضغط الماء.



شكل (١٦-٤١): شبكة الرى بالتنقيط.

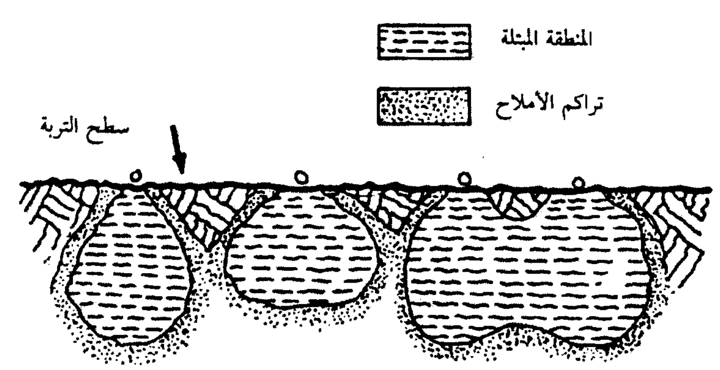
ومن بين الأمور الهامة التى يتعين مراعاتها عند تركيب شبكة رى بالتنقيط ألا يقل تجانس توزيع مياه الرى فى الحقل distribution uniformity عن ٨٠٪. ويقاس تجانس التوزيع بقسمة معدل التدفق المائى فى ٢٥٪ من مساحة الحقل التى تصلها أقل مياه على معدل التدفق المائى فى كل الحقل. ومن أهم أسباب ضعف التجانس الطول الزائد لخراطيم الرى، وضيق الأنابيب تحت الرئيسية submains، وعدم تجانس طبوغرافية الأرض. وإذا ما انخفض تجانس توزيع مياه الرى عن ٨٠٪ فإن الأمر يتطلب زيادة معدلات الرى ليمكن رى أكثر أجزاء الحقل جفافًا؛ الأمر الذى يعنى تبديد الماء، والأسمدة، والطاقة، مع كل المشاكل المرضية ومشاكل تدهور الجودة التى تصاحب الرى الزائد.

وتعد أفضل طريقة للتأكد من كمية مياه الرى الفعلية التى تصل الحقل هى تركيب عداد مياه فى الشبكة، علمًا بأن العداد يفيد — كذلك — فى جذب الانتباه مبكرًا إلى أى مشاكل يمكن أن تتواجد فى الشبكة كانسداد النقاطات (الإنترنت: T. Hartz & B. Hanson. 2005. Drip irrigation and fertigation management of processing tomato).

وللتفاصيل العملية الفنية المتعلقة بالرى بالتنقيط يراجع Bucks وآخرون (١٩٨٢).

معدلات الرى وتوزيع الماء فى التربة

عند الرى بالتنقيط يكون مقطع التربة المبتل بالماء بالونيا؛ أى إن قطر الجزء المبلل بالماء يكون عند سطح التربة أقل منه فى منطقة نمو الجذور، ثم يقل القطر مع التعمق فى التربة بعد ذلك، إلاّ أن الشكل العام للمقطع المبتل يكون عموديًا ومطاولاً فى الأراضى الرملية، بينما تحدث حركة أفقية للماء بدرجة أكبر فى الأراضى الطمييـة والطينية (شكل ١٦-١٥).



شكل (١٦-١٥): مقطع التربة المبتل بالماء، وأماكن تراكم الأملاح عند الرى بالتنقيط (عن Arab World Agribusiness —المجلد الثالث —العدد التاسع).

وتتوقف الفترة بين الريات على طبيعة التربة، فتتراوح بين يوم ويومين فى الأراضى الرملية، وكل ٢-٣ أيام فى الطميية، وكل ٣-٤ أيام فى الأراضى الثقيلة.

ويتراوح معدل الرى عادة من ٢٠-٢٥م^{3} للفدان يوميًا فى الجو الحار، ونحو نصف هذه المعدلات فى الجو البارد. ويُعطى الحد الأدنى فى حالة الرى تحت أغطية بلاستيكية للتربة (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

يفضل توزيع مياه الرى بين ريتى الصباح والمساء — إن وجدتا — بنسبة ٢ : ١ على التوالى، على ألا تزيد رية الصباح على ساعة ونصف الساعة؛ حتى لا تغسل الأسمدة المضافة بعيدًا عن منطقة نمو الجذور.

ويفضل أن يستعمل مع محاصيل الخضر خراطيم الرى التى تَرْشَح منها المياه بامتداد طولها، أو أن تستعمل الخراطيم الذاتية التنقيط التى تقل المسافة بين منقطاتها إلى ٣٠ سم؛ بحيث تعطى منطقة مبتلة بامتداد الخرطوم. وتتوفر بالأسواق من النوعية الأخيرة خراطيم مزودة بمرشحات داخلية تمنع مرور الرواسب إلى داخل مسار المياه بالمنقط. ويكون تصريف هذه الخراطيم — عادة — ٤ لترات/ساعة لكل متر طولى من الخط، ويتم تشغيلها تحت ٤-٦ ضغط جوى.

تأثير الرى بالتقيط على النمو الجذرى

يتركز معظم النمو الجذرى — عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط — فى المنطقة المبتلة من التربة تحت النقاطات، وهى المنطقة التى يتركز فيها — كذلك — امتصاص العناصر. وإذا كان ماء الرى ملحيًا، فإن نمو الجذور يكون أكثر كثافة فى جزء التربة الذى يكون أكثر تعرضًا للغسيل مما يكون عليه الحال فى حوافّ المنطقة المبتلة التى تتراكم فيها الأملاح. أما إذا كان ماء الرى عذبًا فإن نمو الجذور يمتد حتى حواف المنطقة المبتلة (Ben-Asher & Silberbush ١٩٩٢).

تأثير تراكم الأملاح على النمو النباتى

يلاحظ عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط أن تركيز الأملاح يتباين كثيرًا فى المنطقة المبتلة التى يكون مركزها عند النقاط؛ الأمر الذى يُعَرِّض جذور النباتات لمستويات مختلفة من الأملاح، سواء أحَدَثَذلك بالنسبة للأجزاء المختلفة من المجموع الجذرى

للنبات الواحد فى الوقت الواحد، أم بالنسبة للمجموع الجذرى كله فى أوقات مختلفة من اليوم، أم فى أيام مختلفة من موسم النمو.

ويستدل من بعض الدراسات — التى أجريت فى هذا الصدد — على أن النباتات تستجيب لمتوسط الملوحة فى منطقة النمو الجذرى، وأن متوسط الملوحة هو العامل الذى يجب أخذه فى الحسبان، بينما يُستدل من دراسات أخرى على أن أقل المناطق — التى ينتشر فيها النمو الجذرى — ملوحة هى التى تتحكم فى النمو النباتى الكلى والمحصول.

وفى دراسة على الطماطم نُمِّيت فيها النباتات فى مستويات مختلفة من الملوحة، ووزع فى بعضها النمو الجذرى للنبات الواحد على أربع حجرات تحتوى كل منها على تركيز مختلف من الأملاح. وجد أن النباتات التى تَلَقَّت أجزاء منفصلة من نمواتها الجذرية مستويات مختلفة من الأملاح كانت أقل تأثرًا بمعاملة الملوحة. كما وجد أن أى نقص فى النمو الجذرى فى الحجرات — التى احتوت على تركيزات عالية من الأملاح — تَمَّ تعويضه بزيادة مقابلة فى النمو الجذرى بالحجرات التى كان تركيز الأملاح فيها منخفضًا (عن Papadopulos & Rendig ١٩٨٣).

صيانة وإدامة شبكة الرى بالتنقيط

يتعين فحص المناخل ورمل المرشحات فى شبكات الرى بالتنقيط أثناء كل فترة تشغيل وبعدها وتنظيفهاعند الضرورة. ويمكن تنظيف المناخل باستعمال فرشاة صلبة أو بالنقع فى الماء. أما المرشح الرملى فيجب تنظيفه بالغسيل الرجعى بالماء back flushing إذا وجد فرقًا قدره ٥ رطل/بوصة مربعة (٠,٣٥ كجم/سم٢) فى الضغط عند مدخل الماء فى المرشح ومحرجة. تُفحص كذلك خطوط الرى بالتنقيط لأى تسرب زائد وذلك بمراقبة وجود أى مساحات كبيرة مبتلة والتى تكون دليلاً على التسرب أو على وجود عطب بالنقاطات. كذلك يفيد السماح بتدفق الماء من الخطوط تحت الرئيسية والخطوط الفرعية على فترات للتخلص من الرواسب التى يمكن أن تُحدث انسدادًا فى النقاطات. ويمكن تجهيز الشبكة بأجهزة آلية للغسيل الرجعى وأجهزة غسيل آلية لنهايات الخطوط، لكنها تحتاج كذلك لفحص يدوى.

وتتطلب صيانة شبكة الرى بالتنقيط مراعاة ما يلى:

١- تنظيف المرشحات (الفلاتر) على فترات متقاربة.

٢- التأكد من عدم انسداد المنقطات وتسليكها بالطَّرق على خراطيم الرى برفق عند النقاط المسدود.

٣- إمرار حامض مخفف (مثل حامض النيتريك أو حامض الفوسفوريك) كل فترة لإذابة الأملاح التى قد تترسب داخل خراطيم الرى وتقلل من تصريف النقاطات.

ومن الضرورى استخدام الكيماويات للتخلص من كل من الطحالب والحديد وبكتيريا الكبريت ومسببات الأمراض؛ فيمكن للكيماويات أن تُرسِّب بعض المواد الموجودة فى الماء فيسهل التخلص منها، وقد تحافظ على ذوبانها وبقائها ذائبة فى الماء.

ويُعد الكلورين هو المركب الأساسى المستخدم فى قتل الكائنات الدقيقة ووقف نشاطها، وكذلك فى تحلل المادة العضوية، وفى أكسدة المعادن الذائبة؛ مما يجعلها تترسب ويسهل التخلص منها.

وتجرى المعاملة بالأحماض (النيتريك والفوسفوريك) لخفض pH الماء؛ مما يحافظ على ذوبان المنجنيز والحديد والكالسيوم أو يعمل على ذوبانها ومنعها من الترسب.

وتستخدم برمنجنات البوتاسيوم لأكسدة الحديد فى بعض الظروف.

ويتعين وضع نظام الترشيح بعد المعاملة الكيميائية لأجل التخلص من أى رواسب قد تتكون جراء المعاملة (Clark وآخرون ١٩٩٦).

مشكلة انسداد المنقطات ووسائل علاجها

يعد انسداد المنقطات من أهم المشاكل التى تصاحب نظام الرى بالتنقيط.

وتوجد ثلاثة أسباب محتملة لانسداد المنقطات، لكل منها وسائل العلاج الخاصة بها، كما يلى:

١- انسداد المنقطات بفعل حبيبات التربة أو المواد العضوية التى تتسرب مع الماء إلى شبكات الرى. ويتخذ لأجل ذلك الاحتياطات الضرورية بالترشيح مع استخدام مصدر

جيد لمياه الرى، لكن يصعب التخلص من هذه الشوائب – بعد دخولها – إلا بفتح نهايات خطوط التنقيط، مع استمرار ضخ الماء.

٢- انسداد المنقطات بفعل الترسيب الكيميائى للمواد التى تدخل فى أنابيب الرى، فمثلاً .. تتفاعل الأسمدة الفوسفاتية مع ما قد يوجد من كالسيوم فى مياه الرى، لتكوِّن أملاحًا غير ذائبة (جداول ١٦-٩، و ١٦-١٠، و ١٦-١١).

جدول (١٦-٩): العوامل الخاصة بمياه الرى التى تسهل انسداد النقاطات عند الرى بالتنقيط (عن Balba ١٩٩٥).

العوامل الفيزيائية (المواد الصلبة العالقة)	العوامل الكيميائية (الترسيب الكيميائى)	العوامل البيولوجية (الكائنات الدقيقة)
– الرمل	– كربونات الكالسيوم	– الفطريات
– السلت	– كربونات المغنيسيوم	– الغرويات
– الطين	– كبريتات الكالسيوم	– الترسبات الميكروبية:
– المادة العضوية	– إيدروكسيدات وأكاسيد	الحديد
	وكربونات وسيليكات	الكبريت
	وكبريتات العناصر الثقيلة	المنجنيز
	– الأسمدة	– البكتيريا
	الفوسفاتية	– الكائنات الدقيقة المائية
	الأمونيا السائلة	بيض القواقع
	الحديد والزنك والنحاس	اليرقات

جدول (١٦-١٠): الحدود الحرجة للعوامل الفيزيائية والكيميائية التى يمكن أن تسبب انسدادًا للنقطات (بالجزء فى المليون)، عدا الـ pH والعوامل المميزة بوحدات قياس).

العامل	مدى خطورة الانسداد		
	قليلة	متوسطة	شديدة
فيزيائى			
العوالق الصلبة	< ٥٠	٥٠-١٠٠	> ١٠٠

تابع جدول (١٦-١٠).

العامل	مدى خطورة الانسداد		
	قليلة	متوسطة	شديدة
كيميائى			
EC (ديسى سيمنز/م)	< ٠,٧	٠,٧-٣,٠	> ٣,٠
pH	< ٧,٠	٧,٠-٧,٥	> ٧,٥
المنجنيز	< ٠,١	٠,١-١,٥	> ١,٥
الحديد	< ٠,١	٠,١-١,٥	> ١,٥
عسر الماء	< ١٥٠	١٥٠-٣٠٠	> ٣٠٠
كبريتات الإيدروجين	< ٠,٥	٠,٥-٢,٠	> ٢,٠
الأملاح الذائبة	< ٥٠٠	٥٠٠-٢٠٠٠	> ٢٠٠٠
النيتروجين النتراتى	< ٥	٥-٣٠	> ٣٠
البيكربونات (HCO_3)	< ١,٥	١,٥-٨,٥	> ٨,٥
للرى بالرش فقط (مللى مكافئ/لتر)			
بكتيرى			
الأعداد البكتيرية	< ١٠٠٠٠	١٠٠٠٠-٥٠٠٠٠	> ٥٠٠٠٠

جدول (١٦-١١) الحد الأقصى الموصى به للعناصر الدقيقة فى ماء الرى (مجم/لتر).

العنصر	مياه الرى تستخدم بصورة دائمة فى كل أنواع الأراضى	مياه رى تستخدم لمدة ٢٠ عامًا فى أرض دقيقة القوام ذات pH ٦,٠-٨,٥
الألومنيوم	٥,٠	٢٠,٠
الزرنيخ	٠,١	٢,٠
البيريليم	٠,١	٠,٥
البورون	١,٠	٢,٠
الكادميم	٠,٠١	٠,٠٥
الكروم	٠,١	١,٠
الكوبالت	٠,٠٥	٥,٠
النحاس	٠,٢	٥,٠

تابع جدول (١٦-١١).

العنصر	مياه الرى تستخدم بصورة دائمة فى كل أنواع الأراضى	مياه رى تستخدم لمدة ٢٠ عامًا فى أرض دقيقة القوام ذات pH ٦,٠-٨,٥
الفلور	١,٠	١٥,٠
الحديد	٥,٠	٢٠,٠
الرصاص	٥,٠	١٠,٠
الليثيم	٢,٥	٢,٥
المنجنيز	٠,٢	١٠,٠
الموليبدنم	٠,٠١	٠,٠٥
النيكل	٠,٢	٢,٠
السيلينيم	٠,٠٢	٠,٠٢
الفاناديم	٠,١	١,٠
الزنك	٢,٠	١٠,٠

ويؤدى تواجد الكالسيوم مع أى من البيكربونات أو الكبريتات فى مياه الرى إلى ترسب الجير (الكلس) والجبس داخل شبكة الرى بالتنقيط؛ الأمر الذى يؤدى إلى انسداد النقاطات جزئيًا أو كليًا. وتزداد فرصة تكون الترسبات عند حقن أسمدة تحتوى على كالسيوم مع أخرى تحتوى على أيون الفوسفات.

ويتم التخلص من الترسبات الكيميائية التى تؤدى إلى انسداد النقاطات بحقن شبكة الرى بحامض النيتريك التجارى (تركيز ٣٧٪) بتركيز ٠,١٪ فى الصوبات، و ٠,١-٠,٥٪ فى الزراعات الحقلية. ويمكن اتباع هذا الإجراء مرة أو مرتين فى كل موسم نمو. ويتم حقن الحامض لمدة ١٥-٣٠ دقيقة حسب كمية الرواسب التى توجد فى داخل الشبكة. ويتم بعد الحقن بالحامض — غسيل الشبكة بالماء مدةً مساوية للمدة التى استغرقها حقن الحامض.

ويمكن — كذلك — التغلب على مشكلة ترسبات كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم فى شبكة الرى بحقن حامض مخفف؛ مثل حامض الكبريتيك، أو حامض الفوسفوريك، أو النيتريك بصفة دائمة أو على فترات؛ بهدف خفض pH الماء.

كما تمكن Meyer وآخرون (١٩٩١) من التخلص من مشكلة ترسب كربونات الكالسيوم (الجير) بحقن أنهيدريد الماليك Maleic Anhydride (وهو homopolymer) فى شبكة الرى بمعدل ٢ مجم/لتر؛ حيث أدى ذلك إلى استمرار تدفق المياه من النقاطات بنفس المعدل طوال الموسم، بينما نقص تصرف المياه — بسبب الترسبات — فى الكنترول.

يكون ترسب أملاح الكالسيوم — وخاصة كربونات الكالسيوم — كغشاء أبيض فى شبكة الرى. وهذه الأملاح تكون ذائبة فى الـ pH المنخفض. ويمكن — كما أسلفنا — استعمال الأحماض — خاصة حامض الأيدروكلوريك — لخفض الـ pH إلى ٤,٠ لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة؛ مما يؤدى إلى إذابة ترسبات الكالسيوم وتنظيف النقاطات وخراطيم الرى. وقد يستعمل — كذلك — حامضى الكبريتيك والفوسفوريك لهذا الغرض. هذا .. مع العلم بأن ذوبان الكالسيوم يتأثر بكل من درجة الحرارة والـ pH وتركيز الكالسيوم. يتعين — دائمًا — إضافة الحامض إلى الماء وليس العكس.

وإذا كان ماء الرى شديد العُسر فإنه يمكن التخلص من ذلك العُسر بإزالة الكالسيوم والمغنيسيوم بأجهزة تعتمد على خاصية إزالة الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبين بالتبادل الأيونى فى خزانات خاصة تعرف باسم Zealite water conditioners (الـ zeolite هى مجموعة السيليكات) (Clark وآخرون ١٩٩٦).

وعندما يزيد تركيز الحديد فى ماء الرى عن ٠,١ جزء فى المليون فإنه يمكن أن يتسبب فى مشاكل فى شبكة الرى؛ الأمر الذى يتعين ضرورة التخلص منه بأى من الوسائل التالية:

أ– التهوية والترسيب:

من العوامل التى يعول عليها ضخ ماء الرى من البئر ثم رشه فى الهواء فوق بركة أو خزان الماء من ارتفاع عدة أمتار، حيث يؤدى تلامس الهواء مع الماء إلى أكسدة الحديدوز إلى حديديك وترسبه؛ حيث يمكن التخلص منه. ويعيب هذه الطريقة احتياجها إلى مضخة ثابتة لضخ الماء فى شبكة الرى.

ب– الترسيب بالكلورة:

يعمل الكلورين الحر على أكسدة الحديدوز فورًا إلى حديديك وترسيبه. ويتعين لذلك

تحديد تركيز الحديد مع ضرورة ضخ الكلورين بمعدل جزء واحد فى المليون لكل ٠,٧ جزء فى المليون من الحديد. وقد يحتاج الأمر إلى حقن مزيد من الكلورين للتخلص من الملوثات الأخرى، مثل بكتيريا الحديد والكتل البكتيرية الغروية. ويتعين إجراء خلط كامل للكلورين مع ماء الرى؛ الأمر الذى يتحقق بتوفير وسيلة لرج الماء قبل الفلتر.

يراعى أن المنجنيز — إن وجد فى ماء الرى — قد يتسبب فى مشاكل؛ لأن أكسدته بالكلورين تكون بطيئة، ويتعين ترسيبه قبل الفلتر؛ ليمكن التخلص منه.

جـ- التحكم فى الـ pH:

يمكن ترسيب الحديد الذائب برفع الـ pH باستخدام أيدروكسيد الصوديوم التى يتم حقنها فى شبكة الرى، والتى يمكن خلطها بمحاليل الكلورين.

د- ترسيب كبريتات الحديد:

يصعب التخلص من أملاح الكبريتات فى ماء الرى، وهى التى يمكن ان تستخدمها بعض الأنواع البكتيرية كغذاء، لتنتج غاز سلفيد الأيدروجين. وإذا وجد قدر كافٍ من الحديد فى ظروف اختزالية معتدلة، فإن سلفيد الحديد يمكن ترسيبه والتخلص منه بالفلترة.

هـ- التخلص من الحديد ببرمنجنات البوتاسيوم:

يمكن التخلص من الحديد الموجود فى ماء الرى باستعمال مرشح مؤكسد يحتوى على رمل معامل بالمنجنيز. يحتفظ المرشح بالأكسجين عند معاملته ببرمنجنات البوتاسيوم. ومع تدفق الماء من خلال المرشح يتحد الحديد مع الأكسجين، ليتغير إلى صدأ أو أكسيد الحديد، ويحتفظ الرمل بأكسيد الحديد إلى أن يغسل بالماء رجعيًّا ويعاد شحنه ببرمنجنات البوتاسيوم. ويعمل المرشح عندما يكون pH الماء بين ٧، و ٨، ولا يجب أن يزيد تركيز الحديد عن ٢٠ جزءًا فى المليون. وإذا زاد تركيز الحديد عن ذلك يكون من الأفضل معاملته بالكلورة. هذا إلاّ أن اتحاد الحديد مع المركبات العضوية مثل حامض الهيوميك يزيد من صعوبة عملية الأكسدة.

٣- انسداد المنقطات من جراء النمو البكتيرى والفطرى والطحلبى داخل النظام مع ما تفرزه من مواد غروية أو مخاطية، ويمكن الوقاية من هذه الحالة بحقن الكلور — بتركيز — جزء واحد فى المليون — فى ماء الرى. أما إذا حدث الانسداد بالفعل .. فإنه يلزم حقن

الكلور بتركيز ٢٠-٤٠ جزءًا فى المليون لمدة ٣٠ دقيقة على الأقل، مع إدخال الماء المحتوى على الكلور قبل المرشحات. ويستخدم — عادة — هيبوكلوريت الصوديوم، أو هيبوكلوريت الكالسيوم كمصدر للكلور، علمًا بأن الكلوراكس التجارى يحتوى على هيبوكلوريت صوديوم بنسبة ٥,٢٪، كما يستعمل غاز الكلور.

يمكن للبكتيريا أن تنمو فى غياب الضوء داخل شبكة الرى أو فى بئر ملوثة. ويمكن لبعض أنواع البكتيريا أن تعيش على الحديد أو الكبريت، لتنتج كتل غروية لزجة، سرعان ما تؤدى إلى انسدد النقاطات والفلاتر. ويمكن لتلك الكتل الغروية أن تعمل — كذلك — على لصق مواد أخرى بها؛ مما يزيد من مشكلة انسداد النقاطات. كذلك تعمل هذه الكتل الغروية على ترسيب الحديد والكبريت من الماء.

يمكن للبكتيريا أن ترسب الحديد بأكسدة أكاسيد الحديدوز الذائبة إلى أكاسيد الحديدك غير الذائبة. ويمكن لتركيزات من الحديد يصل انخفاضها إلى ٠,١ جزءًا فى المليون أن تسبب مشاكل، بينما يمكن أن تصبح المشاكل عند تركيز ٠,٤ جزءًا فى المليون كبيرة. ويظهر راسب الحديد كوحل خيطى أحمر يمكن أن يعلق بخراطيم الـ PVC والبوليثيلين ويسد النقاطات تمامًا.

وإذا زادت الكبريتات الكلية عن ٠,١ جزءًا فى المليون فإنها يمكن أن تتسبب فى مشاكل؛ حيث يمكن للبكتيريا التى تعيش على الكبريت أن تنتج كتل بيضاء غروية خيطية، يمكن أن تحدث انسدادًا كاملاً بالنقاطات.

ويمكن أن يؤدى التفاعل بين الحديد الذائب والكبريت إلى تكوين سلفات حديد غير ذائبة. ويمكن أن يحدث التفاعل ذاته بين الكبريت ومرشحات الصلب غير القابل للصدأ.

وتعد الكلورة هى المعاملة المعتادة لقتل البكتيريا أو تثبيط نشاطها. ويفيد فى هذا الشأن استمرار المعاملة بتركيز منخفض يصل فى نهايات شبكة الرى إلى ١-٢ جزء فى المليون من الكلورين الحر الميسر، والمعاملة بتركيز ١٠-٢٠ جزء فى المليون لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة على فترات. ويحتاج الأمر إلى زيادة معدل الحقن للوصول بالتركيز إلى المستوى المطلوب فى كل

شبكة الرى. وقد يحتاج الأمر أحيانًا إلى حقن الكلورين فى بئر الماء بتركيز ٢٠٠–٢٥٠ جزء فى المليون مع تقدير حجم الماء المعامل من معرفة قطر وعمق البئر.

كذلك يمكن للطحالب والنباتات المائية أن تتكاثر بشدة فى الماء السطحى، وتتسبب فى مشاكل كبيرة فى المناخل والفلاتر الرملية عند استخدام المياه السطحية (من قنوات الرى) فى الرى. يحتاج الأمر فى تلك الحالات إلى الغسيل الرجعى المتكرر للفلاتر بالماء. كما يمكن مكافحة الطحالب فى الماء السطحى باستعمال كبريتات النحاس مع ملاحظة عدم الأضرار بالأسماك التى تعيش فى تلك المياه. ولا تنمو الطحالب الخضراء إلاّ فى وجود الضوء، ولذا فهى لا تشكل مشاكل فى أنابيب الرى المدفونة فى التربة أو فى البوليثيلين الأسود. لكن يمكن للطحالب أن تعيش فى أنابيب الـ PVC البيضاء وفى توصيلاتها التى توجد فوق سطح التربة؛ مما قد يؤدى إلى اندفاعها فى خراطيم الرى والنقاطات مما قد يؤدى إلى انسدادها.

ويستخدم الكلورين فى قتل الطحالب فى شبكة الرى، ويلزم لذلك المعاملة بتركيز ١٠–٢٠ جزءًا فى المليون من الكلورين الحر لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة. ولزيادة كفاءة المعاملة يفضل تعقيم الشبكة جزءًا بعد جزء ثم غسيل الطحالب الميتة خارج الأنابيب بالغسيل بعد التعقيم مباشرة. وقد يلزم استخدام تركيزات أعلى من الكلورين لتحليل المادة العضوية التى قد توجد بالنقاطات (Clark وآخرون ١٩٩٦).

تعد المعاملة بالكلور (الكلورة) chlorination طريقة فعالة لتنظيف شبكة الرى من النمو الميكروبى، إلا إنه يتعين أخذ عددًا من الأمور فى الاعتبار، كما يلى:

أ– المادة المستخدمة فى الكلورة:

يعد الكلور هو الأرخص والأكثر فاعلية عن المواد الأخرى، بينما يُعد هيبوكلوريت الصوديوم – وهو سائل – أكثر أمانًا فى الاستعمال، إلاّ إنه يتحلل مع الوقت – أما هيبوكلوريت الكالسيوم فيتوفر على صورة أقراص، وهو أكثر ثباتًا عن هيبوكلوريت الصوديوم، ويحضر منه محلول قياسى يحقن فى شبكة الرى مثل هيبوكلوريت الصوديوم لكنه لا يذوب فى الماء.

ب- طريقة الكلورة وتركيز الكلورين فى ماء الرى:

يمكن أن تستمر الكلورة مع كل رية إذا كانت الأعداد الميكروبية فى مياه الرى عالية كما فى مياه الترع. ويراعى فى هذه الحالة أن يكون تركيز الكلورين الفعال (وليس الكلى) فى نهايات خراطيم الرى فى حدود ١-٢ جزء فى المليون. وقد تتبع طريقة المعاملات المركزة فى الحالات التى يحدث فيها انسداد بخراطيم الرى والنقاطات جراء النمو الميكروبى الغزير. وتتطلب هذه المعاملة — التى تتكرر حسب الضرورة — استخدام تركيز ١٠-٣٠ جزء فى المليون من الكلورين الحر لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة.

جـ- pH ماء الرى:

يُشجع الـ pH العالى لمياه الرى (٧,٨ فأعلى) ترسيب كربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد، وكلاهما يحدث انسدادات خطيرة بالنقاطات، كذلك يؤثر pH ماء الرى تأثيرًا بالغًا على مدى فاعلية استخدام غاز الكلورين فى التعقيم.

فعند حقن غاز الكلور فى الماء يحدث التفاعل التالى:

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl_2 + HCl$$

أى يتحلل الكلور إلى حامض هيبوكلوريس وحامض أيدروكلوريك. وتبلغ قدرة القتل التى يحدثها حامض الهيبوكلوريس ٦٠-١٢٠ ضعف قدرة حامض الأيدروكلوريك. لكن المشكلة تحدث فى التفاعل الذى يعقب ذلك، والذى يتحلل فيه حامض الهيبوكلوريس إلى أيدروجين غازى و OCl. وهذا التفاعل يعتمد على الـ pH؛ فعند تركيز جزء واحد فى المليون من غاز الكلور، مع pH ٦,٥ نحصل على ٩٢٪ HOCl و ٨٪ OCl، بينما نحصل عند نفس تركيز الغاز مع pH ٩,٠ على ٤٪ HOCl و ٩٦٪ OCl.

وعند الأرقام الوسطية للـ pH الأكثر شيوعًا، ومع نفس التركيز (جزء واحد فى المليون) نحصل:

- عند pH ٧,٠ على ٧٩٪ HOCl و ٢١٪ OCl
- وعند pH ٧,٥ على ٥٥٪ HOCl و ٤٥٪ OCl
- عند pH ٨,٠ على ٢٧٪ HOCl و ٨٩٪ OCl

ويعنى ذلك أن لـ pH التربة دور عالى الجوهرية فى التأثير على عملية التعقيم باستخدام غاز الكلور.

ولذا .. يتعين – فى الحالات التى يكون فيها ماء الرى قلويًا – باستخدام كلاً من حامض النيتريك وحامض الفوسفوريك فى التسميد بجزء من النيتروجين والفوسفور، على التوالى، لكن الكلورة وحقن الأحماض يجب أن يتمّا على بعد متر واحد من بعضهما البعض، وألا يتم خلطهما معًا أبدًا فى نفس الصهريج.

وتُستخدم المعادلة التالية فى حساب كمية الكلورين التى يجب حقنها فى الماء فى صورة سائلة (هيبوكلوريت الصوديوم NaOC):

$$IR = Q \times C \times 0.006/S$$

حيث إن:

IR = معدل ضخ الكلورين (لتر/ساعة).

Q = معدل تدفق الماء فى شبكة الرى (لتر/دقيقة)

C = التركيز المرغوب فيه من الكلورين (جزء فى المليون)

S = تركيز محلول الـ NaOC المستخدم(٪)

مثال:

لو استخدم محلول تبيض الغسيل التجارى، مثل الكلوراكس وغيره (وهى التى تحتوى على NaOCl بنسبة ٥,٢٥٪ كلورين نشط) للحصول على تركيز ٣ أجزاء فى المليون من الكلورين فى الماء عند نقطة الحقن، وكان معدل تدفق الماء فى شبكة الرى ١٨٠ لتر فى الدقيقة، فإن معدل ضخ الكلورين (IR) يحسب كما يلى:

$$IR = 180 \text{ l/min.} \times 3 \text{ ppm} \times 0.006/5.25$$

$$= 0.62 \text{ l/min.}$$

أى يكون معدل حقن محلول تبييض الغسيل ٠,٦٢ لترًا/دقيقة أو حوالى ٠,٦٢ × ٦٠ = ٣٧,٢ لترًا فى كل ساعة من تدفق مياه الرى. ويتعين إضافة تلك الكمية إلى كمية

مناسبة من الماء حسب نسبة الحقن (٣٠٠:١ مثلاً) التى يعمل عليها الحاقن (Clark وآخرون ١٩٩٦).

وتستخدم كذلك — للتبسيط — المعادلة التالية لحساب معدل إضافة المصدر لتجارى المكلور:

عدد لترات المركب التجارى اللازمة لكل متر مكعب من مياه الرى =

٠,٠١ × عدد الأجزاء فى المليون المرغوبة من الكلور (Cl_2) فى ماء الرى

النسبة المئوية للكلور (Cl_2) فى المركب لتجارى المستخدم

فمثلاً .. إذا رغبنا فى زيادة نسبة Cl_2 فى ماء الرى إلى ٣٠ جزءًا فى المليون، واستخدمت لذلك مادة بها ٥٪ Cl_2، فإنه يلزم منها:

٠,٠١ × ٣٠ جزءًا فى المليون / **٥** = **٠,٠٦ لترًا/متر مكعب من ماء الرى.**

ومن أهم مصادر الكلور، ما يلى:

المركب	الصورة	النسبة (٪)
هيبوكلوريت الكالسيوم	**جاف**	**٦٥-٧٠**
هيبو كلوريت الصوديوم	**سائل**	**٥,٢٦-١٥**
غاز الكلور	**غاز**	**١٠٠**

وكما أسلفنا .. تزداد فاعلية الكلورة فى pH ٦,٥ أو أقل، وتقل فاعليتها بشدة كلما ازداد pH الماء عن ٧,٥؛ حيث يؤدى الـ pH المرتفع إلى إحداث خفض شديد فى نسبة الكلورين الحر الميسر.

مزايا الرى بالتنقيط

يعد الرى بالتنقيط — بالرغم من ارتفاع تكلفته الإنشائية — أفضل النظم لرى الخضر فى الأراضى الرملية. وفى أحيان كثيرة يكون هو الطريقة الوحيدة التى يمكن تطبيقها، ويتحكم فى ذلك عاملان رئيسيان؛ هما:

١- الجانب الاقتصادى لارتفاع تكلفة مياه الرى، وارتفاع تكلفة الإنتاج — عمومًا — فى الأراضى الصحراوية، بينما يوفر الرى بالتنقيط كثيرًا فى مياه الرى، وتصاحبه زيادة مؤكدة فى المحصول.

٢- انتشار الأمراض — فى بعض الخضروات — عند اتباع طريقة الرى بالرش.

ومن مزايا الرى بالتنقيط ما يلى:

١- التوفير الكبير فى المياه؛ نظرًا لأنه لا يُحْدِث فقدًا يذكر فى ماء الرى. وقد يصل التوفير إلى ٥٠٪.

٢- عدم فقد الأسمدة بالرشح، مع التحكم فى كميات الأسمدة التى يُرغب فى توصيلها إلى النباتات.

٣- غسل الأملاح بعيدًا عن النباتات؛ حيث تتجمع الأملاح فى أطراف المنطقة المبتلة، وتكون بذلك بعيدة عن الجذور.

٤- تبقى الرطوبة الأرضية فى منطقة نمو الجذور فى السعة الحقلية، أو أقل من ذلك بقليل.

٥- التوفير فى الأيدى العاملة لإمكان التحكم الآلى فى الرى.

٦- يمكن بهذه الطريقة زراعة المناطق الشحيحة فى مياه الرى؛ فمثلاً أمكن زراعة الخس فى المناطق الصحراوية، مع استعمال ٢٥٪ من كمية مياه الرى التى تستعمل — عادة — بطريقة الرى السطحى.

٧- زيادة المحصول بمقدار ٢٥٪-١٠٠٪، نتيجة تجانس الرطوبة الأرضية طوال الموسم.

٨- إمكان زراعة محصول أو ثلاثة بالتتابع فى نفس الحقل، دون الحاجة إلى تجهيز الأرض من جديد.

٩- التوفير فى نفقات مكافحة الحشائش؛ بسبب عدم إثارة الأرض لعدم إجراء الحرث.

١٠- عدم الحاجة إلى آبار ذات تصريف عالٍ؛ نظرًا لأن كمية الماء اللازمة تكون بمعدلات منخفضة.

١١– عدم الحاجة إلى تسوية الأرض الشديدة الانحدار لأجل زراعتها؛ حيث يمكن ريها بسهولة بطريقة التنقيط.

١٢– إتاحة الفرصة أمام ماء الرى — الذى يتصرف ببطء شديد — كى يتخلل التربة فى الأراضى القليلة النفاذية.

١٣– سهولة إجراء العمليات الزراعية؛ لأن معظم سطح التربة يبقى جافًا طوال الوقت.

عيوب الرى بالتنقيط

١–ارتفاع التكلفة الإنشائية.

٢–احتياج نظام الرى إلى إدارة جيدة.

٣–احتمال انسداد المنقطات.

٤– تعرض أنابيب الرى للتلف بواسطة القارضات، أو سير الحيوانات الزراعية عليها.

٥– إذا تأخرت الفترة بين الريات، فإن امتصاص الجذور للماء يؤدى إلى تحريك الأملاح من أماكن تجمعها عند أطراف المنطقة المبتلة — عند سطح التربة وتحت السطح — فى اتجاه الجذور؛ لذا .. يجب تنظيم الرى؛ بحيث تتوفر الرطوبة دائمًا فى منطقة نمو الجذور.

كما أن الأمطار قد تعمل على غسل الأملاح نحو منطقة نمو الجذور؛ لذا .. يجب استمرار الرى بالتنقيط حتى أثناء المطر؛ ليتسنى تخفيف الأملاح إلى الحد المأمون طوال الوقت (عن Marsh وآخرين ١٩٧٩).

وعمومًا .. فإنه يمكن غسل الأملاح المتراكمة بزيادة ماء الرى ٢–٣ مرات فى نهاية كل موسم؛ ليمكن إذابة الأملاح وصرفها مع الماء الزائد. والأفضل غسل الأملاح بالرى بالغمر أو بالرش — إن أمكن — فى نهاية كل موسم زراعى.

مراجع إضافية فى الرى بالتنقيط

لمزيد من التفاصيل حول تصميم شبكات الرى بالتنقيط وإدارتها فى الرى، يمكن مراجعة Clark & Smajstrla (١٩٩٦)، و Hartz (١٩٩٩)، و Haman & Smajstrla (٢٠٠٣).

الرى تحت السطحى بالتنقيط

يُعّرف الرى تحت السطحى بالتنقيط Subsurface Drip Irrigation بأنه الإضافة المتجانسة لكميات قليلة من الماء على فترات متقاربة تحت مستوى سطح التربة (على عمق حوالى ٤٥ سم) من مواقع منفصلة ومحددة أو بامتداد خطوط الرى، التى تمد تحت سطح التربة فى مستوى نمو الجذور (حوالى ٢٥-٣٠ سم تحت السطح).

وفى الماضى وقفت بعض المشاكل عائقًا أما تطبيق هذا النظام فى الرى؛ مثل: دخول جذور النباتات فى النقاطات، وترسب الأملاح، وصعوبة فحص وإصلاح شبكة الرى. أما الآن .. ومع التقدم فى تقنيات شبكات الرى، وتصميمها، وإدارتها، فقد بات من الضرورى إعادة النظر فى هذا النظام للرى.

ومن أهم مزايا الرى تحت السطحى بالتنقيط ما يلى:

١- تثبيت الشبكة تحت سطح التربة مرة واحدة فقط، والاستغناء عن تكلفة إعادة وضعها سنويًا.

٢- زيادة فترة تشغيل الشبكة عما فى حالة الرى السطحى بالتنقيط؛ لعدم تعرض الخراطيم لأشعة الشمس والسخونة الزائدة.

٣- بقاء سطح التربة جافًا ولعمق حوالى ١٥-٢٠ سم، الأمر الذى يقلل من احتمالات الإصابة بأمراض التاج الفطرية وأعفان الثمار، ويساعد كثيرًا على مكافحة الحشائش.

٤- يساعد بقاء سطح التربة جافًا على تسهيل مرور الآلات الزراعية عليها دون تعرضها للانضغاط. كما يمكن مرور الآلات أثناء تشغيل شبكة الرى.

٥- استفادة النباتات من مياه الرى والأسمدة المضافة بكفاءة أكبر (& Thompson Doerge ١٩٩٥)، وخاصة الفوسفور الذى لا يتعمق ولا يتحرك كثيرًا عن موضع إضافته عند النقاطات.

٦- زيادة المحصول وتحسّن نوعيته؛ بسبب جفاف سطح التربة وعدم تعرض الثمار للأعفان، وعدم زيادة الرطوبة الجوية (على خلاف ما يحدث فى طرق الرى الأخرى)،

الأمر الذى يقلل من الإصابة بالأمراض؛ مثل مرض البياض الزغبى فى الخس (Scherm & van Bruggen ١٩٩٥).

٧- كذلك يساعد بقاء سطح التربة جافًا على منع فقد الماء بالتبخر السطحى. كما يقل تزهر الأملاح على سطح التربة، وتقل الحاجة إلى عملية غسيل الأملاح مع كل رية.

٨- تنعدم مشكلة تكوُّن القشور crusts على سطح التربة.

٩- تزداد كفاءة عملية تبخير التربة بالمبيدات عند إضافتها عن طريق الشبكة تحت السطحية مع الرى السطحى فى آن واحد؛ ليكوّن الماء السطحى عازلاً أمام انطلاق الأبخرة فى الهواء الجوى (عن Phene وآخرين ١٩٨٧).

١٠- يحتاج النظام إلى ضغط أقل — وبالتالى إلى طاقة أقل — لتشغيله مقارنة بنظام الرى السطحى بالتنقيط.

وفى دراسة على الطماطم وجد Bogle وآخرون (١٩٨٩) أن الرى تحت السطحى بالتنقيط أدى إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٢٪ مقارنة بالرى السطحى.

ومن أهم مشاكل استعمال هذا النظام فى الرى ما يلى:

١- ضرورة تسوية التربة قبل إقامة شبكة الرى.

٢- ضرورة استعمال مرشحات للماء عالية الكفاءة مع صيانتها يوميًا.

٣- صعوبة إنبات بذور الخضر عندما تكون خراطيم الرى عميقة؛ الأمر الذى يعنى إما الزراعة بالشتل، وإما وضع الخراطيم على عمق ٥ سم فقط، ثم الترديم عليها بنحو ٢٠-٢٥ سم أخرى بعد الإنبات. ويمكن أن يجرى التردیم على مرتين أثناء العزيق.

الرى تحت السطحى

فى طريقة الرى تحت السطحى Subsurface Irrigation يتم توصيل الماء إلى الطبقات السفلى من التربة بواسطة أنابيب خاصة، كتلك المستخدمة فى الصرف المغطى. وتكون

أنابيب الرى الفرعية على عمق ٤٥ سم، وبسمك ٧,٥ سم، وعلى بعد ٧م من بعضها البعض، وبانحدار ٣ سم كل ٤٠م.

وعندما يكون مستوى الماء الأرضى قريبًا من سطح التربة يكون من الممكن إجراء الرى تحت السطحى بإقامة مصارف مكشوفة رئيسية وفرعية يمكن بواسطتها تصريف الماء الزائد، أو إمداد الحقل بالماء؛ بحيث يظل مستوى الماء الأرضى على مسافة ٣٠–٦٠ سم من جذور النباتات التى تصل إليها الرطوبة بالخاصية الشعرية. كما يمكن أيضًا تصريف الماء الأرضى الزائد، والرى بأنابيب واحدة تثبت فى التربة على المستوى المرغوب؛ بحيث يظل الماء الأرضى على بعد ٣٠–٦٠ سم من جذور النباتات.

ويوفر الرى تحت السطحى حوالى ٨٦٪ من مياه الرى التى يمكن أن تستعمل مع الرى بالرش، ويقلل كثيرًا من فقد الأسمدة مع مياه الرى؛ حيث يقل كثيرًا فقد الماء بالرشح فى حالة الرى تحت السطحى. وقد أحدث الرى تحت السطحى زيادة كبيرة فى نمو بادرات الطماطم والخس مقارنة بالرى بالرش (Ahmed وآخرون ٢٠٠٠).

الشروط اللازمة توافرها لنجاح الرى تحت السطحى

١–أن تكون الأرض منبسطة تمامًا أو يوجد بها انحدار بسيط منتظم.

٢– ألا تكون طبقة تحت التربة شديدة المسامية، وألا توجد طبقة صمّاء قريبة من سطح التربة.

٣– أن تتوفر طبقة صمَّاء من الطين أو الصخر على عمق ٩٠–١٥٠ سم تحت سطح التربة.

٤– أن تتوفر طبقة من الرمل الخشن بعمق ٣٠ سم أو أكثر أعلى هذه الطبقة الصماء.

٥– أن تكون التربة السطحية رملية طميية، فلا تكون عالية المسامية، ولا شديدة الاندماج؛ وبالتالى تسمح بنفاذ الماء اللازم للرى بالخاصية الشعرية.

مزايا وعيوب الرى تحت السطحى

من أهم مزايا الرى تحت السطحى ما يلى:

١– تجانس توزيع الماء فى أنحاء الحقل.

٢– بقاء الطبقة السطحية للتربة جافة، وتوقف فقد الماء بالتبخر السطحى.

٣- عدم تعجن التربة، وعدم تكَوُّن قشور صلبة crusts على سطحها.

لكن يعيب طريقة الرى تحت السطحى ما يلى:

تتجمع الأملاح على سطح التربة؛ الأمر الذى يستدعى التخلص منها من آن لآخر بالرى السطحى.

٢- تحتاج إلى كمية كبيرة من ماء الرى.

٣- لا تنجح هذه الطريقة عندما تكون طبقة تحت التربة عالية المسامية، أو عند وجود طبقة صماء hard pan قريبة من سطح التربة (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

مقارنة عامة بين مختلف طرق الرى

تتباين مختلف طرق الرى فى مزاياها وعيوبها، ونقدم فى جدول (١٦-١٢) مقارنة عامة بين طرق الرى بالغمر (غمر أحواض الزراعة)، والرى السطحى عبر قنوات الخطوط، والرى بالرش، والرى بالتنقيط فى عدد من الأمور الهامة.

جدول (١٦-١٢):مقارنة بين مختلف طرق الرى (عن Palti ١٩٨١).

وجه المقارنة	الرى بالغمر	الرى عبر قنوات الخطوط	الرى بالرش	الرى بالتنقيط
سطح التربة المبتل (٪)	٨٠-٩٠	٣٠-٥٠	١٠٠	٢٠-٣٠[أ]
تكلفة شبكة الرى	منخفضة	منخفضة	عالية نسبيًا	عالية جدًا
تكلفة العَمالة	منخفضة إلى متوسطة	عالية	منخفضة	منخفضة
استهلاك المياه	متوسط إلى عالى	متوسط إلى عالى	متوسط	منخفض
الصلاحية للأراضى غير المستوية	غير صالحة	صعب	ممكن مع بعض الصعوبة	لا توجد مشاكل
تأثير الرياح على تجانس الرى	معدوم	معدوم	شديد	معدوم
إمكانية استخدام المياه الملحية	ممكنة	محدودة	محدودة (احتراقات) ممكنة	ممكنة
ابتلال النمو الخضرى عند الرى	قليل	قليل أو معدوم	شديد	معدوم
ابتلال تاج النبات (الجذع عند سطح التربة)	يحدث	لا يحدث	يحدث	يحدث
الانتشار السطحى لمسببات الأمراض مع الماء	يمتد فى كل الحقل	على امتداد الخطوط	محدود	معدوم
الانتشار السطحى لمسببات الأمراض مع الرذاذ	قليل أو معدوم	معدوم	كثير	معدوم
غسيل جراثيم الأمراض من على النمو النباتى	معدوم	معدوم	شائع	معدوم
التأثير على مرور الآلات الزراعية	لابد من جفاف التربة قبل مرور أية آلات عليها	معدوم		
غسيل مياه الرى للمبيدات المرشوشة	معدوم	معدوم	يحدث بدرجات مختلفة	معدوم

(أ) تنطبق هذه النسبة عندما تكون الزراعة فى خطوط تبعد عن بعضها بمقدار ١٠٠-١٥٠ سم.

هذا .. ويمكن من خلال شبكات الرى بالتنقيط والرش بكافة أنواعها تنفيذ عدد من معاملات الخدمة الزراعية دون عناء يذكر؛ وأبرزها معاملة التسميد، والتى يطلق عليها — حينئذٍ — اسم فرتجة. وتعرف جميع معاملات إضافة المركبات الكيميائية مع ماء الرى باسم chemigation.

وتتضمن هذه المعاملات، ما يلى:

المعاملة	الاسم الإنجليزى للمعاملة
إضافة الأسمدة	**Fertigation**
إضافة مبيدات الحشائش	**Herbigation**
إضافة المبيدات الفطرية	**Fumigation**
إضافة المبيدات الحشرية	**Insectigation**
إضافة المبيدات النيماتودية	**Nemagation**

هذا .. ويفصِّل Burt وآخرون (١٩٩٥) مزايا وعيوب ومحاذير كل من تلك المعاملات وأكثر طرق الرى مناسبة لها.

ولمزيد من التفاصيل العملية المتعلقة بطرق الرى .. يراجع Southorn (١٩٩٧).

المقننات المائية

المقنن المائى Consumptive Use لمحصول ما هو كمية الماء الكلية التى يحتاج إليها المحصول من وقت زراعة البذرة إلى الحصاد، وتشمل الماء المفقود بالنتح وبالتبخير، وكذلك الجزء الذى يستخدم فى بناء أنسجة النبات، الذى لا يتعدى ١٪ من الاحتياجات المائية الكلية.

هذا .. ويطلق على الماء المفقود بالنتح اسم "ماء النتح" transpiration، وعلى الجزء المفقود بالتبخر من سطح التربة "ماء التبخر" evaporation.

ويتخذ التبخر السطحى Pan Evaporation (أو Ep) أساسًا لقياس النتح والتبخر معًا (النتح التبخرى Evapotranspiration (ET) لكل محصول على حدة؛ نظرًا لأن قيمة

Ep تتأثر بكافة العوامل الجوية المؤثرة على ET، وهى درجة الحرارة، وحركة الهواء، والإشعاع الشمسى، والرطوبة النسبية.

ويستعمل كل محصول عامل خاص به هو قيمة (ET/Ep) لتحديد الاحتياجات المائية، إلا أن هذه القيمة تؤدى — غالبًا — إلى إعطاء النبات ريًّا زائدًا فى بعض مراحل النمو، وريًّا أقل من حاجته الفعلية فى مراحل أخرى للنمو.

الاستخدام المحصولى للماء

إن الاستخدام المحصولى للماء crop water use هو — ذاته — النتح التبخرى evapotranspiration (اختصارًا: ET)، وهو كمية الماء التى يستعملها المحصول لأجل نموه وتبريده (أى بعملية النتح) بالإضافة إلى ما يفقد أثناء ذلك بالتبخر سواء أحدث ذلك من سطح التربة، أم من أسطح الأوراق حال ريها بطريقة الرش.

يمكن أن يحدث تبخر جوهرى عندما تكون الطبقة السطحية من التربة (٢,٥–٥سم) مبتلة، أو عندما يكون النمو النباتى مبتلاً. وبمجرد جفاف سطح التربة فإن النتح يقل بشدة. وبذا .. فإن التبخر الجوهرى يمكن أن يحدث فقط بعد الرى أو سقوط الأمطار. وإضافة إلى ذلك، فإنه مع تقدم النمو وازدياد النمو الخضرى الذى يغطى سطح التربة، فإن التبخر من التربة الرطبة يقل تدريجيًّا. وعندما يكتمل الغطاء النباتى لسطح التربة، فإن ٩٥٪ تقريبًا من النتح التبخرى يصبح عائدًا للنتح والتبخر من سطح النموات الخضرية التى تكون مستقبلة لمعظم الإشعاع الشمسى الساقط.

ويتأثر النتح التبخرى بكل من الظروف البيئية السائدة، ومدى توفر الرطوبة فى التربة، والنوع النباتى، ومرحلة النمو. ويبلغ الـ ET أقصى قيمة له (وهى التى تعرف بالـ ET المرجعية (reference ET) إن لم تكن الرطوبة الأرضية عاملاً محددًا، وذلك عندما تكون الرطوبة فى منطقة نمو الجذور فى السعة الحقلية. والغطاء الكامل هو مرحلة من النمو يكون فيها معظم سطح التربة مغطى بالنموات النباتية.

وعمليًّا .. فإن المحصول يصل إلى مرحلة الغطاء النباتى الكامل لسطح التربة عندما تصبح مساحة الأوراق ثلاثة أضعاف مساحة التربة تحت النموات الخضرية. ففى تلك

المرحلة من النمو تستقبل النموات النباتية معظم الإشعاع الشمسى الساقط على الحقل؛ فيقل بذلك مقدار الطاقة التى تصل إلى سطح التربة.

وتصل المحاصيل المختلفة لمرحلة الغطاء الكامل فى مراحل مختلفة من نموها، وبعد فترات متباينة من زراعتها.

هذا ويستخدم الـ ET لمحصول مرجعى (ET_r) لتقدير الـ ET الحقيقية للمحاصيل الأخرى. وعندما لا يكون الماء عاملاً محددًا كما فى المناطق الرطبة ونصف الرطبة تستخدم الحبوب الرفيعة كمحصول مرجعى، بينما يكون البرسيم الحجازى هو المحصول المرجعى المفضل فى المناطق القاحلة وشبه القاحلة، بسبب تعمق نموه الجذرى؛ مما يقلل من حساسيته للشدّ المائى.

ويُعرف النتح التبخرى الفعلى actual evapotranspiration (اختصارًا: ET_a) بأنه استخدام محصول معين للماء فى وقت معين. وتصل قيمة ET_a للمحاصيل الحولية أقصاها عند أقصى نمو خضرى لها، ويمكن أن تكون تلك القيمة أقل من أو أعلى عن ET_r، حسب المحصول. فمثلاً تكون أقصى قيمة للـ ET_a ٩٣٪، و ١٠٣٪ من الـ ET_r للبرسيم الحجازى، وذلك بالنسبة لمحصول الذرة وبنجر السكر، على التوالى.

ويمكن حساب الـ ET الحقيقية (ET_a) من الـ ET المرجعية بضرب ET_r فى معامل المحصول crop coefficient (اختصارًا: KC)؛ علمًا بأن الـ KC هى النسبة بين ET_a لمحصول معين فى مرحلة معينة من النمو والـ ET_r. فإذا كانت الـ KC أقل من الواحد الصحيح فإن المحصول يستهلك ماء أقل من الـ ET المرجعية، والعكس صحيح.

وتتوقف قمية KC على مرحلة النمو، وغالبًا ما تتحدد بعدد الأيام بعد الزراعة. وتقدر قيم الـ KC باستعمال أجهزة الليسميترز lysimeters لقياس الرطوبة الأرضية للمحاصيل المختلفة، وذلك فى الأحوال الجوية المتوسطة.

وعندما تختلف الظروف البيئية جوهريًّا عن الظروف المتوسطة للمحصول فإن النمو المحصولى الفعلى قد يكون أسرع أو أبطأ من العادى. ولذا .. غالبًا ما يحتاج الأمر إلى

إجراء تعديلات لتتفق مع الحالة الفعلية للنمو النباتي. هذا مع العلم بأن الـ KC لأى محصول حولى تكون صغيرة فى بداية موسم النمو، وتزداد تدريجيًّا مع النمو المحصولى، ثم تنخفض ثانية مع اكتمال النمو.

يتأثر الاستهلاك المحصولى للماء — كذلك — بمحتوى التربة الفعلى من الرطوبة. فمع جفاف التربة تزداد صعوبة امتصاص المحصول للماء من التربة. وعند السعة الحقلية يكون استخدام النباتات للماء فى أقصى معدلاته. وعندما يقل محتوى التربة المائى عن السعة الحقلية يقل استخدام النباتات للماء. ويعبر عن تلك الحقيقة بمعامل التربة soil coefficient (اختصارًا: KS) ويستخدم الـ KS — غالبًا —لتعديل الـ ET الفعلى لكى يتماشى مع حالة الرطوبة فى التربة.

ونجد بعد الرى أو هطول المطر أن الـ ET الفعلى يكون أعلى عما لو كان سطح التربة جافًا؛ نظرًا لزيادة التبخر كثيرًا فى تلك الظروف، وخاصة فى بداية موسم النمو، حيث يمكن أن تكون الـ ET الفعلية أكبر من الـ ET المرجعية. ويعبر عن تلك الحقيقة فى برامج جدولة الرى كمعامل تبخر إضافى additional evaporational coefficient (اختصارًا: KW). ويعدِّل هذا المعامل الـ ET الحقيقية بالزيادة ليعكس حالة سطح التربة الرطب.

وفى برامج جدولة الرى يجب أن يؤخذ فى الاعتبار حساسية المحصول للشدّ الرطوبى خلال مختلف مراحل نموه. ويتحقق ذلك باستخدام معامل يُعرف باسم إدارة السحب المائى المسموح به management allowable depletion (اختصارًا: MAD)، وهو كمية الماء التى يمكن السماح باستنفاذها من منطقة نمو الجذور قبل جدولة الرى. وفى وقت الرى يجب أن يكون النقص فى الماء أقل من الـ MAD أو مساويًا له (Al-Kaisi & Broner ٢٠٠٦).

حساب الاحتياجات المائية

تُحسب الاحتياجات المائية التى تلزم للرى باتباع ما يلى:

١– يُحسب معدل الاستهلاك المائى للمحصول بضرب معامل الاستهلاك المائى

اليومى للمنطقة (والذى يحصل عليه من النشرة الجوية) فى معامل النمو المحصولى للمحصول المطلوب ريه والذى يتراوح عادة من ٠,٤ إلى ١,٢ حسب المحصول وحجم نموه الخضرى. ومرحلة نموه. وعادة .. يكون المعامل المحصولى منخفضًا فى بداية مرحلة النمو، ويزداد تدريجيًّا ليصل أكبر معامل عند اكتمال النمو الخضرى والثمرى، ثم ينخفض تدريجيًّا بعد ذلك إلى نهاية موسم النمو.

ويمكن الاسترشاد بالبيانات التالية فى استخراج قيمة معامل النمو المحصولى للمحاصيل المبينة والمحاصيل القريبة منها:

المحصول	المرحلة الأولى	مرحلة النمو الخضرى والطور	مرحلة الإزهار والإثمار وتكوين الدرنات	المرحلة الأخيرة (الشيخوخة)
البطاطس	٠,٥	٠,٨	١,١	٠,٥
لمدة	٢٥ يوم	٢٠ يوم	٣٠ يوم	٢٥ يوم حسب الصنف
الطماطم	٠,٧	٠,٩	١,١	٠,٦
لمدة	٣٠	٤٠	٣٠	٢٠
الفاصوليا	٠,٣٥	٠,٨	١,٠	٠,٨٥
لمدة	٢٠	٣٠	٣٠	١٠
الكوسة	٠,٥	٠,٩	١,١	٠,٨
لمدة	٢٥	٢٥	٤٥	٣٠
الخيار	٠,٦	٠,٨	١,٠	٠,٩
لمدة	٢٠	٤٠	٣٠	١٥

٢- يضاف إلى معدل الاستهلاك المائى للمحصول فى مرحلة النمو التى يتم الرى عندها احتياجات الغسيل اللازمة للأرض، والتى تتوقف على طبيعة التربة. ومدى نفاذيتها، ومدى تواجد الأملاح فى الطبقة السطحية، ونوعية الماء المستخدم. ويستخدم فى الأراضى الرملية - غالبًا - معامل غسيل ١,٢٥؛ أى ٢٥٪ من معدل الاستهلاك المائى للمحصول، أى يكون الاحتياج المائى للمحصول ١٢٥٪ من معدل الاستهلاك المائى للمحصول.

٣- يتعين تعديل قيمة الاحتياج المائى المحسوبة للمحصول بإضافة معامل التخفيض

المناسب وهو الذى تختلف قيمته حسب طريقة الرى والمساحة المظللة بالنباتات. وقد وجد أن هذا المعامل يتراوح فى حالة الرى بالتنقيط من ٠,٢٥ فى مراحل النمو الأولى إلى ٠,٩ فى أوج النمو الخضرى. وبضرب قيمة الاحتياج المائى المسحوبة فى معامل التخفيض نحصل على قيمة ثانية — تكون هى التى يعتمد عليها — للاحتياج المائى الفعلى للمحصول.

٤- يحصل على كية المياه التى تلزم لرى الفدان بالمتر المكعب فى اليوم بضرب قيمة الاحتياج المائى الفعلى للمحصول فى ٤,٢.

٥- يُحسب الزمن الذى يلزم للرى من المعادلة التالية:

زمن الرى بالساعة = $\frac{\text{كمية مياه الرى اللازمة (م٣/فدان يوميًّا)} \times ١٠٠٠}{\text{تصرف النقاط أو الرشاش باللتر فى السعة} \times \text{عدد النقاطات أو الرشاشات بالفدان}}$

(عن المعمل المركزى للمناخ — مركز البحوث الزراعية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى).

زيادة كفاءة استخدام المياه فى محاصيل الخضر

من المهم زيادة كفاءة استخدام المياه فى إنتاج محاصيل الخضر. ويعبر عن كفاءة استخدام المياه بنسبة محصول الجزء النباتى الذى يُزرع من أجلة المحصول إلى كمية الماء التى تستخدم فى إنتاجه. ويتطلب ذلك تغيير الاتجاه من تعظيم الإنتاج من وحدة المساحة من الأرض الى تعظيم الإنتاجية لكل وحدة من الماء المستخدم. ولتعظيم كفاءة استخدام المياه يتعين المحافظة على الماء وتحفيز أقوى نمو محصولى. وتتطلب المحافظة على الماء خفض الفقد المائى الذى يحدث من خلال الجريان السطحى والتبخر السطحى ونتح الحشائش. أما تحقيق أقوى نمو محصولى فإنه قد يتحقق بزراعة محاصيل وأصناف عالية المحصول ومتأقلمة على ظروف التربة والمناخ المحليين. ويفيد فى تحسين النمو — كذلك — توفير أفضل ظروف للإنتاج مثل المواعيد المناسبة للزراعة والحصاد، والحراثة، والتسميد، ومكافحة الآفات (De Pascale وآخرون ٢٠١١).

طرق تقدير مدى حاجة النباتات إلى الرى

من أهم الطرق المستخدمة لتحديد مدى حاجة النباتات إلى الرى ما يلى:

١- الملاحظة الدقيقة لحالة النباتات، ومدى ظهور أعراض نقص المياه عليها، وخاصة على أوراقها الحديثة.

٢- معدل النمو النباتي؛ حيث تكون النباتات فى حاجة إلى زيادة معدلات الرى؛ عندما يلاحظ توقفها عن النمو أو بطء نموها.

٣- تقدير درجة الرطوبة فى التربة؛ وذلك بأخذ عينة من التربة من منطقة نمو الجذور والضغط عليها بقبضة اليد للتعرف على مدى سهولة تشكيلها، وهى من أكثر الطرق شيوعًا، وتعتمد على الخبرة. ويختلف مدى سهولة تشكيل التربة — باختلاف نسبة الرطوبة فيها — حسب طبيعة التربة.

٤- تقدير رطوبة التربة باستعمال أجهزة خاصة؛ مثل طريقة قوالب الجبس، وطريقة جهاز قياس الشدّ الرطوبى، وهما الطريقتان اللتان سنتناولهما — فيما يلى — بالشرح المختصر.

طريقة قوالب الجبس Gypsum Blocks

تستخدم فى هذه الطريقة قوالب صغيرة من الجبس؛ بكل منها قضيبان يتصلان بدائرة كهربائية، وعداد لقراءة درجة التوصيل الكهربائى. توضع القوالب الجبسية أو مجموعة متجاورة منها فى التربة على العمق المراد تقدير الرطوبة فيه أو يردّم حولها جيدًا بالتربة.

بعد فترة تصل القوالب إلى حالة من التوازن الرطوبى مع التربة مِنْ حولها، ومع زيادة نسبة الرطوبة فى التربة تزداد نسبة الجبس التى تصبح فى المحلول، وتقل بذلك المقاومة بين القطبين؛ أى تزيد درجة التوصيل الكهربائى.

تلزم معايرة هذه الطريقة جيدًا بطريقة التجفيف المعملية؛ لمعرفة نسبة الرطوبة المقابلة لدرجات التوصيل الكهربائى المختلفة.

تفيد قوالب الجبس فى نسبة الرطوبة بين درجتى شد رطوبى من ١ إلى ١٥ ضغط جوى. لكن يعيبها قابليتها للذوبان، وتدهورها فى فترة تتراوح بين موسم واحد وثلاثة مواسم.

تقدير الرطوبة بلستعمال أجهزة قياس الشدّ الرطوبى

إن جهاز قياس الشدّ الرطوبى Soil Misture Tensiometer عبارة عن أنبوبة بلاستيكية يختلف طولها حسب العمق الذى يُرغب فى تقدير الرطوبة عنده. يثبت فى الطرف السفلى لهذه الأنبوبة كأس من السيراميك المسامىّ يملأ بالماء، بينما يُركب على طرفها العلوى جهاز (Vacuum Gague) لقياس قوة الشدّ الرطوبى أو شدة التفريغ. ويعد تقدير الرطوبة الأرضية بهذه الطريقة أكثر دقة من طريقة استعمال قوالب الجبس.

يَعيب هذا الجهاز أنه لا يعمل بدقة كافية إذا زاد مقدار الشدّ الرطوبى عن ٠,٨ ضغط جوى؛ حيث يندفع الهواء — حينئذٍ — من خلال مسام الكأس إلى داخله؛ الأمر الذى يُفقد الجهاز الخاصية التى يعمل على أساسها، ولذا .. فإن الجهاز يفيد فى حالة النباتات التى تُروى بكثرة.

ويستفاد مما تقدم بيانه أن الحد الأدنى للشدّ الرطوبى — الذى يجوز معه استعمال القوالب الجبسية — قريب من الحد الأقصى للشدّ الرطوبى الذى يجوز معه استعمال الـ tensiometers؛ وبذا .. فإن القوالب الجبسية تستعمل عندما تنخفض نسبة الرطوبة عن المدى الذى لا يجوز معه استعمال الـ tensiometers.

وفى كلتا الحالتين يتعين وضع الجهاز فى منطقة نمو الجذور، وإلا كانت القراءة عديمة القيمة (عن Israelsen & Hansen ١٩٦٢).

تنظيم الرى من واقع قراءات الشدّ الرطوبى

عندما تكون القراءة صفرًا فإن ذلك يعنى تشبع التربة بالماء وتعرض الجذور لنقص الأكسجين. وتعد التربة رطبة جدًّا — بالنسبة لمعظم المحاصيل — عندما تتراوح القراءة

بين صفر و ٥ سنتى بارًا. وتعد قراءة من ١٠–٢٥ سنتى بارًا مناسبة لمعظم المحاصيل. ومع ارتفاع القراءة عن ٢٥ فإن أعراض الجفاف تبدأ فى الظهور على النباتات الحساسة، وتلك التى تكون جذورها سطحية، ولكن النباتات التى تتعمق جذورها لمسافة ٤٥ سم أو أكثر لا تعانى نقص الرطوبة الأرضية قبل وصول القراءة إلى ٤٠–٥٠ سنتى بارًا.

أما النباتات التى تتعمق جذورها لمسافة ٧٥ سم — فى تربة طميية — فإنها لا تعانى نقص الرطوبة قبل وصول القراءة إلى ٧٠ سنتى بار. وفى الأراضى الثقيلة يمكن ألا تحتاج النباتات العميقة الجذور إلى الرى إلا بعد عدة أيام من وصول القراءة إلى ٧٠ سنتى بار.

ويفضل تسجيل ثلاث قراءات — على الأقل — بين الريات؛ بحيث لا يزيد الفرق بين كل قراءتين عن ١٠–١٥ سنتى بارًا. وتؤخذ القراءات — غالبًا — ثلاث مرات أسبوعيًّا، ولكنها قد تسجل يوميًّا إذا كانت الفترة بين الرّيات أقل من أسبوع.

ويكون الهدف فى حالة الرى بالتنقيط المحافظة على أن تُعطى رطوبةُ التربة قراءة تتراوح بين ١٠ و ٢٥ سنتى بارًا. أما عند الرى السطحى أو بالرش، فإن الرى يكون عند وصول القراءة إلى المستويات التالية:

المحصول	القراءة بالسنتى بار التى يلزم معها الرى
الكرنب والقنبيط	٦٠–٧٠
الطماطم	٦٠–٧٠
القرعيات	٥٠–٦٠
الجزر	٥٠–٦٠
البصل	٤٥–٦٥
الخس	٤٠–٥٠
البطاطس	٣٠–٥٠
الكرفس	٢٠–٣٠
الفراولة	٢٥–٣٥

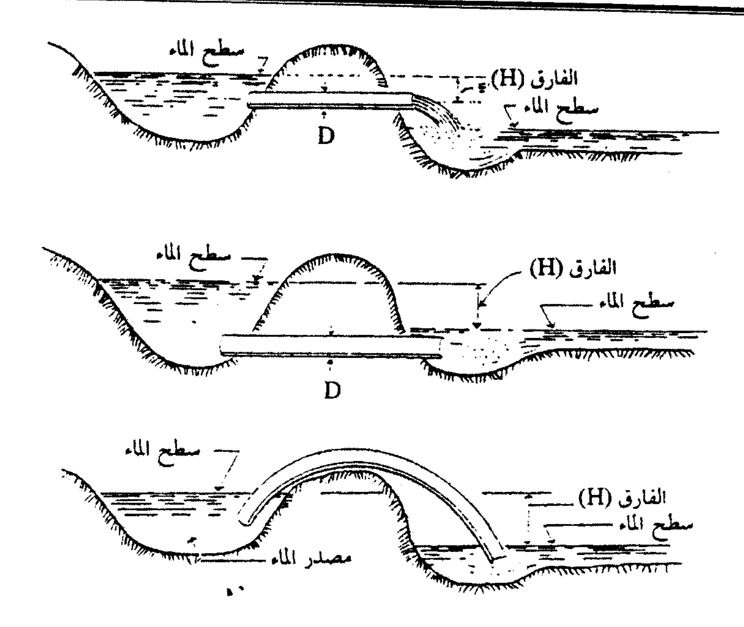
ويمكن استعمال أجهزة قياس الشدّ الرطوبى فى أَتْمَتَة عملية الرى، مع تغذية الحاسوب المستخدم بأية بيانات تتعلق بموعد بداية الرى وانتهائه، والظروف التى لا يستجيب فيها لبيانات موعد بداية الرى التى تعتمد على قراءة جهاز قياس الشدّ الرطوبى (عن Marsh ١٩٧٥).

طرق تقدير كمية مياه الرى المضافة

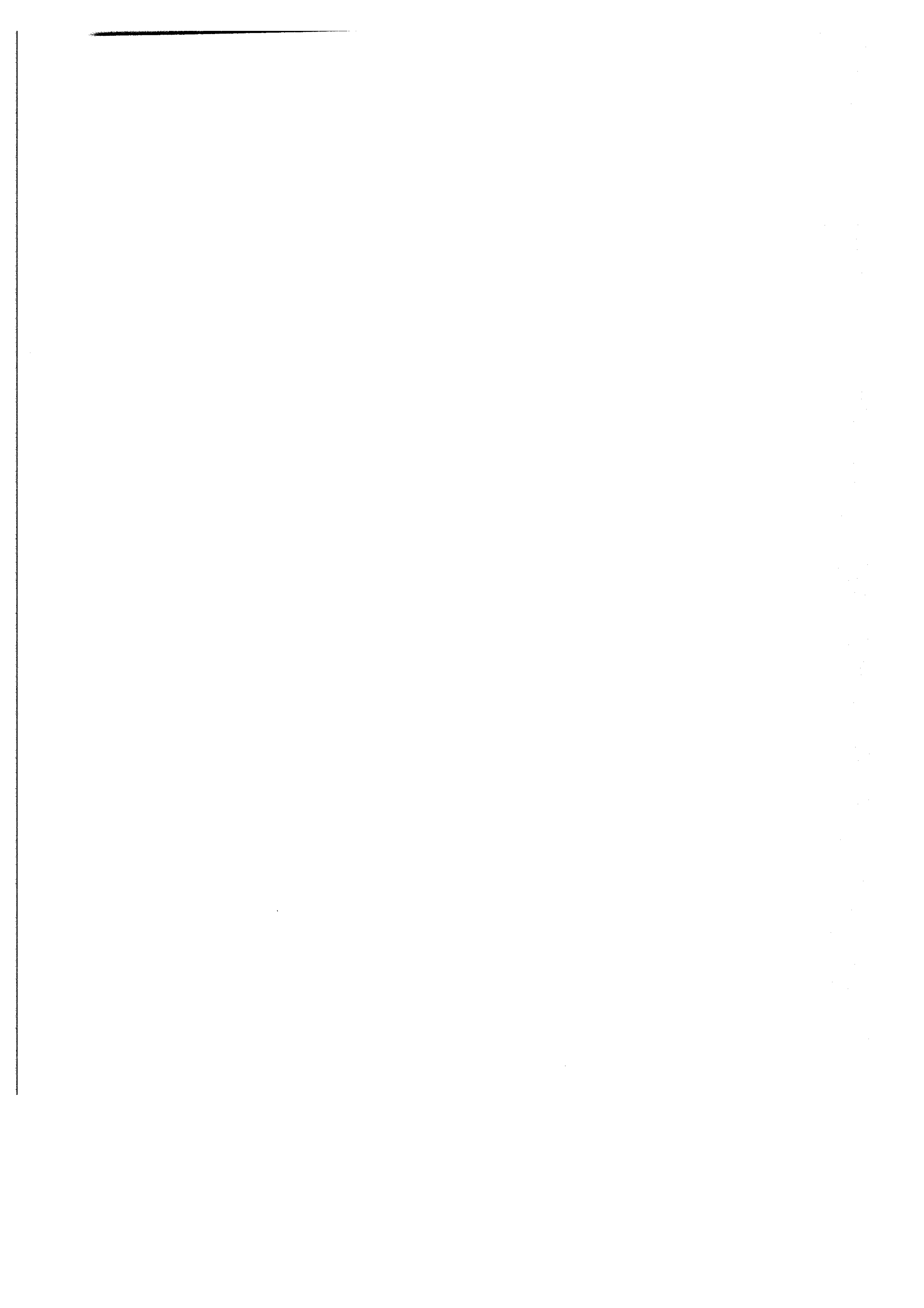
يستخدم فى نظام الرى بالرش (جميع نظم الرش بما فى ذلك الرذاذى والمحورى) والرى بالتنقيط عدادات خاصة لقياس كمية المياه التى تدخل شبكة الرى. وبالمقارنة .. فإن كمية مياه الرى المضافة من خلال شبكات الرى بالغمر تحسب بمعدلات خاصة مع استعمال ممرات خاصة لتدفق المياه من خلال فتحات خاصة؛ منها ما تعرف باسم الـ weirs، ومنها ما تعرف باسم السيفونات Siphons، وهى ما نتناوله بالشرح فى هذا المقام.

تستخدم السيفونات والأنابيب لنقل الماء من القناة الرئيسية إلى قنوات الخطوط، ويفيد ذلك فى حساب كمية الماء التى يسمح بمرورها، فضلاً على التوفير فى الجهد المبذول فى عملية الرى لعدم الحاجة إلى عمل فتحات بين القناة الرئيسية وقنوات الخطوط (شكل ١٦-١٦). وتصنع أنابيب السيفونات والأنابيب المستقيمة من المعدن أو البلاستيك أو المطاط.

يتحدد مقدار تصرف الماء من السيفون أو الأنبوبة بكل من قطرها الداخلى والمسافة الرأسية بين سطح الماء عند مصدر الماء وعند قناة الخط (الفارق head). وعندما لا يكون طرف السيفون أو الأنبوبة مغمورًا فى مياه قناة الخط يعتبر الفارق head هو المسافة بين وسط فتحة السيفون ومستوى سطح الماء فى المصدر. وتزود بعض السيفونات بنهايات يمكن تحريكها adjustable slide gate؛ وبذلك يمكن التحكم فى الفارق الرأسى؛ ومن ثم فى معدل تصرف الماء (عن Scott & Houston ١٩٨١).



شكل (١٦-١٦): السيفونات Siphons والأنابيب Pipes فى أوضاعها المختلفة، وطريقة حساب الفارق الرأسى head (أو H) فى كل حالة، علمًا بأن D هى قطر أنبوبة السيفون أو الأنبوبة الأفقية من الداخل.



الفصل السابع عشر

التسميد

يحتل موضوع التسميد أهمية بالغة لدى منتجي الحضر؛ ولذا .. فقد أفردنا له كتابًا مستقلاً في هذه السلسلة بعنوان "تسميد محاصيل الحضر" (حسن ٢٠١٥). وفي هذا الفصل .. نوجز الأمور العامة المتعلقة بهذا الموضوع.

ويتطلب الأمر — أولاً — التعرف على أهم المصطلحات المستخدمة في مجال التسميد.

إن من أهم المصطلحات المستخدمة في مجال التسميد، ما يلي:

● العناصر الضرورية essential elements:

هي العناصر التي يلزم توفرها للنبات لنموه وإكمال دورة حياته.

● العناصر الأولية primary elements:

هي العناصر التي يحتاج إليها النبات بكميات كبيرة، ويحصل عليها من التربة؛ وهي: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم.

● العناصر المغذية الكبرى major elements، أو macro nutrients:

هي العناصر التي يحتاج إليها النبات بكميات كبيرة نسبيًّا؛ وهي:

– الكربون، والأيدروجين، والأكسجين .. ويحصل عليها النبات من الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون من الجو.

– النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم .. ويمتصها النبات من التربة بكميات كبيرة.

– الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت .. ويمتصها النبات من التربة بكميات أقل نسبيًّا.

– الحديد .. ويمتصه النبات بكميات قليلة نسبيًّا.

● العناصر المغذية الصغرى minor elements، أو micro nutrients:

هي العناصر التي يحتاج إليها النبات بكميات صغيرة جدًّا، وتسمى العناصر النادرة؛

وهـى: المنجنيـز، والبـورون، والنحـاس، والزنـك، والموليبـدنم، والكلـور، والصـوديوم، والسيليكون.

● المخصبات fertilizers:

يقصد بها الأسمدة الكيميائية فقط (عن Devlin ١٩٧٥).

الأسمدة العضوية

أهمية التسميد العضوى

ترجـع أهميـة الأسمـدة العضـوية إلى التـأثير الـذى تحدثـه علـى طبيعـة وبيولـوجى وخصوبة التربة.

تقوم البكتيريا التى تحلل المادة العضوية بإنتـاج الـدبال humus، وهـو مجموعـة مـن المواد الكربوهيدراتية المعقدة التى تعمل على لصق حبيبات التربة بعضها ببعض، وتكوين تجمعات أكبر حجمًا؛ مما يزيد من مسامية التربة الثقيلة ونفاذيتهـا ويُحسِّـن تهويتهـا، كما يزيد من تماسك الأراضى الرملية الخفيفة ومن مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة؛ ذلك لأن جزيئات الدبال ذات سطح كبير محب للماء، وقادر علـى ادمصـاص كميـات كـبيرة منه.

هذا .. إلا أنه من الصعوبة بمكان زيادة نسبة المادة العضوية فى التربة بدرجة كـبيرة بصفة دائمة عن طريق التسميد العضوى. ففى إحدى التجارب أضيف سمـاد الماشـية إلى التربة بمعدل: صفر، ١٠، ٢٠، ٤٠ طنًّا/للفدان سنويًّا لمدة ٢٥ سنة. ورغـم أن معـاملات التسميد هذه أحدثت زيادة جوهرية فى نسـبة المـادة العضـوية فـى التربـة، إلا أن هـذه الزيادة كانت طفيفة جدًّا، فلم تَتَعدَّ ٢,٥٪ فى أعلى معدلات التسـميد؛ كمـا يتضـح مـن جـدول (١٧-١). وبـرغم أن الكثافـة الظاهريـة للتربـة قـد ازدادت فـى كـل معـاملات التسميد، كما زادت درجة ثبات تجمعات التربة فى المعاملات المرتفعة من التسـميد، إلا أن معاملات التسميد هذه لم يكن لها أى تأثير على نقطة الذبول الدائم، ولا على درجـة نفاذية التربة (Klute & Jacob ١٩٤٩).

جدول (١٧-١): تأثير التسميد العضوى بمعدلات مختلفة لمدة ٢٥ سنة على نسبة المادة العضوية فى التربة.

كمية السماد المضافة (طن/فدان)	النسبة المئوية للمادة العضوية على عمق (سم)		
	صفر-١٥	١٥-٣٠	٣٠-٤٥
صفر	٢,٣	١,٥	٠,٥
١٠	٢,٧	١,٨	٠,٦
٢٠	٣,٢	٢,٣	٠,٧
٤٠	٤,٣	٢,٧	٠,٩

تأثير الأسمدة العضوية على بيولوجى التربة

تعتبر المادة العضوية مصدرًا للغذاء والطاقة بالنسبة للكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة. ويؤدى تنويع مصادر الأسمدة العضوية المضافة إلى تنويع هذه الكائنات، كما تعمل الكائنات الدقيقة التى تحلل المادة العضوية على إنتاج مضادات حيوية أثناء نموها، ولذلك تأثيره فى نمو النباتات، وعلى إحداث التوازن بين الكائنات الدقيقة المفيدة والضارة فى التربة.

تأثير المادة العضوية على خصوبة التربة

تؤثر المادة العضوية على خصوبة التربة بطرق مباشرة وغير مباشرة كالتالى:

١- تزيد المادة العضوية من خصوبة التربة عند تحللها؛ حيث يتيسر ما بها من عناصر لامتصاص النبات.

٢- يتكون عند تحلل المادة العضوية بعض الأحماض التى تساعد على تيسر بعض العناصر. فغاز ثانى أكسيد الكربون الذى ينطلق عند تحلل المادة العضوية يذوب فى الماء، مكونًا حامض الكربونيك الذى يعمل على ذوبان كثير من المركبات القليلة الذوبان، ويجعل بعض العناصر - مثل الفوسفور - فى صورة ميسرة لامتصاص النبات.

٣- يزيد الدبال من السعة التبادلية الكاتيونية للتربة؛ ولذلك أهمية كبيرة فى الأراضى الرملية.

٤- تتيسر العناصر الموجودة فى المادة العضوية - خاصة الآزوت - ببطء. ولذلك أهميته فى الأراضى الرملية التى تتعرض فيها الأسمدة للفقد بالرشح.

٥- يمنع الدبال تثبيت الفوسفور فى الأراضى الشديدة الحموضة، التى يتحد فيها مع كل من: الحديد، والمنجنيز، والألومنيوم؛ فينطلق الفوسفور بدلاً من أن يثبت فى صورة أملاح الفوسفات لهذه المعادن التى تتوفر بكثرة فى الأراضى الحامضية.

أنواع الأسمدة العضوية

تتنوع الأسمدة العضوية حسب مصادرها ومكوناتها كالتالى:

الأسمدة الناتجة من مخلفات الحيوانات الزراعية Animal Manure

وهى جميع الأسمدة التى تتكون - أساسًا - من مخلفات حيوانات المزرعة، والمبينة فى جدول (١٧-٢).

جدول (١٧-٢): **محتوى الأسمدة العضوية الناتجة من مخلفات الحيوانات الزراعية من كل من النيتروجين (N)، والفوسفور (P_2O_5) والبوتاسيوم (K_2O).**

نوع السماد الحيوانى	محتوى السماد (كجم/طن) من كل من			
(المخلفات)	الرطوبة (٪)	N	P_2O_5	K_2O
الماشية	٨٦	٥	١,٥	٤,٥
البط	٦١	١٠	١٣	٤,٥
الإوز	٦٧	١٠	٥	٤,٥
الدجاج	٧٣	١٠	١٠	٤,٥
الخيل	٨٠	٦	٢	٦,٠
الأغنام	٧٠	٩	٧	٩,٥
الرومى	٧٤	١٢	٦	٤,٥

يتضح من الجدول اختلاف الأسمدة العضوية الحيوانية فى محتواها من كل من النيتروجين والفوسفور. وأغناها فى النيتروجين هى تلك المتحصل عليها من الرومى، والبط، والإوز، والدجاج. وأفقرها هى المتحصل عليها من الماشية، والخيل. وأغنى الأسمدة الحيوانية

بالفوسفور هى سماد البط، وأفقرها سماد الماشية. هذا .. بينما تعتبر جميع الأسمدة العضوية الحيوانية — باستثناء سماد الأغنام — فقيرة نسبيًا فى محتواها من البوتاسيوم.

ويتضح بصورة عامة أن سماد الأغنام أغنى بالنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم من سماد الماشية، وأن سماد البط والدجاج والرومى من أفضل الأسمدة، وأن أفقرها سماد الماشية والخيل.

وفى مصر يطلق اسم "سماد بلدى" على سماد الماشية بوجه خاص، وسبلة الخيل على مخلفات الخيل، وكذلك سبلة الأغنام والماعز، وسماد الكتكوت (الدواجن)، بالإضافة إلى زرق الحمام والجوانو (مخلفات الطيور البحرية).

ويشيع فى مصر استخدام زرق الحمام (الرُسمال) فى تسميد حقول الخضر، وهو سماد عضوى كامل يحتوى على ٤٪ N، و ٥٪ P_2O_5، و ٣٪ K_2O. ويستخدم زرق الحمام بكثرة فى تسميد البطيخ والشمام. وتجب مراعاة أن قيمته التسميدية تنخفض كثيرًا إذا كان مخلوطًا بالأتربة، أو بالقش. وهو يباع بالإردب الذى يزن نحو ١٣٠ كجم (أو ملء زكيبة تقريبًا).

ويوضح جدول (١٧–٣) محتوى الأسمدة العضوية المحلية من النيتروجين. ويلاحظ أن محتواها يقل كثيرًا عما هو مبين فى جدول (١٧–٢)، وربما كان ذلك راجعًا إلى عدم الاستفادة الكاملة من بول الحيوانات، أو إلى زيادة التراب والقش بالفرشة، وإلى فقد بعض العناصر السمادية عند تجهيز السماد. ويتضح من جدول (١٧–٣) أن المتر المكعب من السماد البلدى يعادل فى محتواه من النيتروجين ١م٣ من سبلة الخيل الجافة المتحللة، أو ١/٤م٣ من البودريت، أو ١/٥م٣ من زبل الحمام (ملحوظة: ١م٣ = ٤٠ مقطفًا = ١٠ غُبُط حمار = ٥ غُبُط جمل).

هذا .. وتتوقف نوعية وجودة السماد الحيوانى على العوامل التالية:

١– نوع الحيوان، ونوع عليقته، وعمره. فالحيوانات الصغيرة سمادها أقل فى محتواه من الآزوت والفوسفور.

٢- كمية ونوع الفرشة التى تستخدم فى جمع مخلفات الحيوان.

٣- طرق جمع السماد وحفظه؛ حيث تقل قيمة السماد كثيرًا عند حفظه فى العراء، أو فى أماكن رديئة الصرف، وكذلك تقل قيمة السماد عند عدم العناية بجمع بول الحيوانات.

جدول (١٧-٣): **محتوى بعض الأسمدة البديلة المصرية من النيتروجين.**

السماد	النيتروجين (٪)	وزن ١م^{٣} (كجم)	كمية النيتروجين فى ١م^{٣} (كجم)
سماد ماشية	٠,٣	١٠٠٠	٣
سبلة جافة متحللة (سماد خيل)	١,١	٢٨٠	٣
زبل حمام	٤,٠	٤٠٠	١٦
بودريت	١,٥	٨٠٠	١٢

وتجدر الإشارة إلى أن نسبة البراز إلى البول فى الأسمدة الحيوانية الطازجة تكون حوالى ٦٧ : ٣٣ فى مخلفات الأغنام، و ٨٠ : ٢٠ فى مخلفات الماشية والخيل، و ١٠٠ : صفر فى مخلفات الطيور.

ونظرًا لفقر معظم الأسمدة العضوية فى محتواها من الفوسفور؛ لذا تفضل إضافة نحو ٢٥ كجم من سماد السوبر فوسفات/طن من السماد الحيوانى.

هذا .. ويتعين كمر السماد البلدى قبل إضافته للتربة لأجل التخلص من بذور الحشائش وبيض الحشرات والنيماتودا، ويتم ذلك بوضعه فى كومة أو حفرة فى طبقات بالتبادل مع مخلفات المزرعة وبقايا النباتات. وللمساعدة على سرعة واكتمال التحلل يضاف ٥٠ كجم كبريت زراعى، و ٢٠ كجم سوبر فوسفات، و ١٠ كجم سلفات نشادر لكل طن سماد فى بداية الخلط مع التقليب جيدًا والرش بالماء كل ٣-٦ أسابيع حسب درجة الحرارة — حيث تزداد الفترة فى الجو البارد؛ وبذا تكون المكمورة جاهزة للاستعمال فى خلال ٢,٥-٣ شهور صيفًا، و ٤ شهور فى الجو البارد.

الأسمدةالعضوية الناتجة من المخلفات النباتية

تتنوع المخلفات النباتية، ومن أهمها ما يلى:

١- مخلفات حقول الخضر

تختلف الخضروات كثيرًا في كمية المادة العضوية التي تخلفها في التربة، فبينما يحصد - على سبيل المثال - معظم المادة العضوية التي تتكون في حقل من الكرنب، فإنه لا يحصد سوى جزء يسير من المادة العضوية التي تتكون في حقل من الخيار، ويعود الباقي إلى الحقل. وعليه .. فإن معدل فقد المادة العضوية من التربة يكون في الحالة الأولى أكبر منه في الحالة الثانية.

٢- البيت موس Peat moss

يستخدم البيت موس في عديد من الدول كسماد عضوى، بدلاً من السماد الحيوانى. والبيت مادة عضوية بنية اللون، إسفنجية، خالية من الكائنات المسببة للأمراض، وذات مقدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة، وتفاعلها حامضى. والبيت سريع التحلل، ولا يبقى كثيرًا في التربة. ومن الطبيعى ألا يشيع استخدام البيت كسماد عضوى إلا في الدول التي تتوفر بها مساحات شاسعة منه.

٣- المكمورة Compost

وهى تحوى إلى جانب المخلفات النباتية بعض المخلفات الحيوانية والتربة بعد تركهما معًا إلى أن تتحلل مكونات المكمورة إلى المادة العضوية. ونتناول بالشرح طريقة تحضير المكمورة في موضع آخر من هذا الفصل.

الأسمدة الخضراء Green manure

الأسمدة الخضراء هي تلك التي تزرع لغرض قلبها في التربة بعد نموها، وليس لغرض أخذ محصول منها. ويوجد منها نوعان:

١- نوع يزرع كغطاء للتربة cover crop، حيث تزرع نباتاته لغرضين؛ هما: المحافظة على التربة من التعرية، لتحسينها بقلبها فيها. وهى تزرع غالبًا في الأوقات التي لا تزرع فيها الخضروات.

٢- نوع يسمى أسمدة خضراء green manure crops، وتزرع نباتاته لأجل تحسين التربة فقط، وتقلب فيها وهى مازالت خضراء، وهى تزرع غالبًا فى الأوقات المناسبة لزراعة الخضر؛ وعليه .. فهى تشغل الأرض فى وقت يمكن فيه استغلالها فى زراعة الخضر.

هذا .. ويجب أن تؤخذ العوامل التالية – فى الحسبان – عند اختيار نوع محصول التسميد الأخضر:

١- مدى تأقلم المحصول على الظروف الجوية السائدة خلال موسم النمو المراد زراعته خلاله.

٢- مدى تأقلم النبات على تربة المزرعة.

٣- مواصفات النمو الجذرى، ومدى تغلغلة فى التربة.

٤- مدى سهولة قلب النمو الخضرى فى التربة.

٥- كمية المادة العضوية التى ينتجها المحصول فى الوقت المتاح لنموه قبل زراعة الحقل بالخضروات. وتجدر الإشارة إلى أن كمية المادة العضوية التى ينتجها المحصول هى الأساس فى المفاضلة بين الأنواع النباتية المختلفة؛ فالهدف هو تحسين خواص التربة. ويجب تفضيل محصول غير بقولى ينتج كمية كبيرة من المادة العضوية على محصول بقولى ينتج كمية قليلة من المادة العضوية؛ لأن الآزوت يمكن إضافته إلى التربة فى صورة معدنية.

ومن المحاصيل التى تزرع – عادة – لغرض استخدامها كسماد أخضر: البرسيم، واللوبيا، والفول الرومى.

ومن أهم مزايا استخدام الأسمدة الخضراء ما يلى:

١- يؤدى قلب السماد الأخضر فى التربة إلى إعادة العناصر الغذائية – التى امتصتها النباتات – إلى التربة، ومعها كمية من المادة العضوية.

٢- تؤدى محاصيل التسميد الأخضر مهمتين بالنسبة للعناصر الغذائية فى التربة: الأولى امتصاص العناصر من أعماق مختلفة، ثم إضافتها إلى الطبقة السطحية بعد قلب

المحصول فى التربة، والثانية امتصاص العناصر الغذائية والاحتفاظ بها، بدلاً من فقدها بالرشح لحين قلب المحصول فى التربة.

٣- تضيف المحاصيل البقولية كميات إضافية من الآزوت إلى التربة.

٤- تعتبر المادة العضوية المضافة عن طريق السماد الأخضر أكثر فائدة من كمية مماثلة مضافة على سطح التربة فى صورة أسمدة عضوية؛ لأن جزءًا من المادة العضوية المضافة عن طريق السماد الأخضر يكون فى صورة جذور نباتات تتخلل التربة لأعماق كبيرة، وتعطى عند تحللها توزيعًا عميقًا للمادة العضوية فى التربة. كما تترك عند تحللها أنفاقًا تتخلل التربة لأعماق كبيرة؛ مما يساعد على تحسين مسامية التربة وتهويتها. وذلك أمر يستدعى الاهتمام بالمجموع الجذرى للأسمدة الخضراء.

٥- تساعد الأسمدة الخضراء على تثبيت التربة وحفظها من التعرية، وخاصة فى المناطق الغزيرة الأمطار، أو المعرضة للرياح القوية (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

٦- يفيد استعمال بعض الأسمدة الخضراء فى مكافحة بعض الأمراض.

يتباين تأثير الأسمدة الخضراء على شدة الإصابة بمختلف الأمراض فى مختلف المحاصيل، وكمثال على ذلك، نجد أن الإصابة بمرض جرب البطاطس — الذى يسببه الفطر *Streptomyces scabies* — تزداد عند استعمال الشعير كسماد أخضر، وتنخفض عند استعمال فول الصويا، بينما لا يكون للبسلة — كسماد أخضر — أية تأثيرات على المرض. ويؤدى قلب الشعير كسماد أخضر فى حقول البطاطس إلى خفض معدلات الإصابة — قليلاً — بالرايزكتونيا.

وبالمقارنة نجد فى محصول كالقطن أن قلب محصول أخضر — مثل الفاصوليا أو المسترد — يؤدى إلى زيادة شدة الإصابة بالفطر المسبب لمرض الذبول (*F. oxysporum* f. sp. *vasinfactum*)، بينما يؤدى قلب البسلة كسماد أخضر إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Phymatotrichum omnivorum* المسبب لعفن الجذور (عن Palti ١٩٨١).

هذا .. ويجب أن يكون الهدف من زراعة نباتات تحسين التربة هو الحصول على أكبر قدر ممكن من النمو في الوقت المتاح؛ ولذلك يجب – عند زراعتها – مراعاة ما يلي:

١- أن تكون الزراعة أكبر كثافة مما هي في حالة الزراعة العادية. وتكون الزراعة على مسافات ضيقة، أو نثرًا حسب المحصول. وتبلغ كمية التقاوى للفدان نحو ٤٠ كجم من اللوبيا، و ٢٥ كجم من فول الصويا، و ٤٥ كجم من الفول الرومي، و ٣٥ كجم من البسلة، و ١٢ كجم من حشيشة السودان.

٢- العناية بتسميدها، كما لو كانت تزرع لأجل الحصول على محصول منها؛ لأن في ذلك استثمارًا كبيرًا للأسمدة المضافة .. فهذه الأسمدة ستعود إلى التربة مرة أخرى لتستفيد منها الخضر المزروعة، كما ستعمل على تشجيع نمو خضرى جيد في نباتات التسميد الأخضر؛ مما يزيد من كمية المادة العضوية المضافة إلى التربة. وفي حالة عدم توفر الأسمدة يعتبر من الأجدى إضافة جزء من السماد المخصص لمحصول الخضر إلى نباتات التسميد الأخضر المزروعة قبل الخضر.

٣- عند استخدام البقوليات كأسمدة خضراء يجب تلقيح بذورها ببكتيريا العقد الجذرية الخاصة بها في حالة زراعتها لأول مرة بالحقل.

ويتوقف موعد قلب النباتات المستعملة كسماد أخضر في التربة على عاملين، هما:

١- موعد زراعة محصول الخضر التالي في الدورة.
٢- الفترة التي يستغرقها تحلل نباتات السماد الأخضر.

وتتوقف الفترة التي تستغرقها نباتات السماد الأخضر حتى تتحلل على كل من درجة الحرارة، ونسبة الرطوبة في التربة، وعلى مدى تقدم النباتات المستعملة كسماد أخضر في النمو عند قلبها في التربة، وكذلك على نسبة الكربون إلى النيتروجين بها.

هذا .. ويؤدى قلب السماد الأخضر في التربة إلى حدوث نقص مؤقت في الآزوت؛ نتيجة استهلاكه من قِبَل الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحليل المادة العضوية. ورغم أن

ذلك الآزوت يعود إلى التربة مرة أخرى، إلاّ أن هذا النقص المؤقت يؤثر على نمو نباتات الخضر المزروعة إذا زرعت قبل تحلل السماد الأخضر المضاف.

ولإسراع تحلل المادة العضوية، وتلافى النقص المؤقت فى الآزوت، تجب مراعاة ما يلى:

١- تسميد نباتات السماد الأخضر جيدًا بالآزوت أثناء نموها؛ حيث يؤدى ذلك إلى زيادة النمو الخضرى؛ ومن ثم زيادة فائدته كسماد أخضر. ومن ناحية أخرى فإن ذلك يؤدى إلى زيادة محتوى النبات من النيتروجين. ويمكن اعتبار ذلك التسميد الآزوتى جزءًا من المقرر الآزوتى الذى يعطى للمحصول التالى؛ حيث سيعود إلى التربة بعد تحلل السماد الأخضر.

٢- قلب السماد الأخضر فى التربة وهو مازال فى حالة غضة، وقبل أن يبدأ فى الإزهار؛ حيث تبلغ نسبة المادة الجافة به فى ذلك الوقت نحو ٢٠٪. ويؤدى تأخير قلب السماد عن ذلك إلى زيادة نسبة المادة الجافة، ولكنه لا يتحلل بسرعة.

٣- إضافة كمية من السماد الآزوتى إلى التربة عند قلب السماد الأخضر بها بمعدل نحو ١٠ كجم آزوت/طن من المادة الجافة المقلوبة من الأسمدة الفقيرة فى نسبة النيتروجين. ولكن لا يلزم ذلك الإجراء عند التسميد الأخضر بالمحاصيل البقولية الغنية بالآزوت.

٤- يجب أن تمر فترة لا تقل عن شهرين بين قلب المحصول فى التربة، وزراعة المحصول الجديد، حتى يتم التحلل.

٥- ولإسراع التحلل يراعى إجراء ما يلى:

أ- تقطيع النباتات إلى أجزاء صغيرة، ثم حرثها فى التربة؛ بحيث لا تظهر فوق سطح الأرض.

ب- رى الأرض بغزارة بعد قلبها فى التربة.

جـ- إضافة سيناميد الجير الذى يسرع من التحلل (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

وفى دراسة أجريت لتقييم تأثير عدد من النباتات البقولية — كأسمدة خضراء — على محصول الكرنب الصينى سمح Esekia (١٩٩٣) بنمو النباتات البقولية لمدة ثمانية أسابيع، ثم قام بقطعها وحراثتها فى التربة؛ ثم بعد مرور ثلاثة أسابيع أخرى قام بزراعة شتلات كرنب صينى عمرها أربعة أسابيع، فكانت النتائج كما يلى:

السماد الأخضر	المحصول النسبى مقارنة بمعاملة الشاهد (٪)
معاملة الشاهد (بدون سماد أخضر)	١٠٠
الفاصوليا المجنحة *Psophocarpus tetragonolobus*	١٠٠
الـ snake bean	١٠٨,٨
اللوبيا	١٣٢,٥
الـ gutpela cowpea	١٥٥,٥
السسبانيا *Sesbania*	١٧٠,٤
الـ *sunhemp* (*Crotalaria juncea*)	١٧٢,١
الـ velvet bean (*Mucuna pruriens*)	١٩١,٩ (٣٧,٢ طنًا/هكتار)

الأسمدة المجهزة من الأنسجة الحيوانية

تحضر هذه الأسمدة من مختلف الأنسجة الحيوانية التى لا يستفيد منها الإنسان فى غذائه؛ كالعظام، والدم، والأسماك واللحوم التى لا تصلح للاستهلاك الآدمى وتقوم شركات خاصة بتحضير هذه النوعية من الأسمدة العضوية.

ويمكن حقن شبكات الرى بالتنقيط ببعض هذه الأسمدة العضوية المجهزة بطرق خاصّة، ولا سيما الأسمدة التى تتكون — أساسًا — من بروتينات نباتية أو حيوانية. وتجهز بطريقة تعرف باسم "التجفيف بالرش" Spray-drying.

يتم أولاً تحليل الأنسجة النباتية أو الحيوانية إنزيميًا، ثم تركز فى صورة سائل كثيف — وهى دافئة قليلاً — تحت تفريغ، ويلى ذلك رشها من رشاش يدور بمعدل ١١٠٠٠ دورة فى الدقيقة، مع تعرض الرذاذ لهواء تبلغ سرعته ٢٢٤ كيلو مترًا فى الساعة.

يكون ناتج هذه العملية دقيقًا للغاية ومتجانسًا فى الحجم، ويتراوح محتواه الآزوتى

– عادة – من ١٢٪ إلى ١٤٪. وقد تم بهذه الطريقة تحضير أسمدة عضوية من بروتينات السمك، والدم، والدواجن، والخميرة.

ويستدل من دراسات Schwankl & McGourty (١٩٩٢) على إمكانية حقن هذه البروتينات فى شبكة الرى بالتنقيط دون توقع حدوث انسداد بالنقاطات. هذا إلا أن البروتينات لا تكون ذائبة فى مادة الرى، وإنما تبقى معلقة وتميل إلى الترسيب، وخاصة بالنسبة لبروتين الدم. أما بروتين السمك فيبقى معلقاً فى مياه الرى لفترة أطول؛ وبذا .. يكون توزيعه فى شبكة الرى أكثر تجانسًا.

ومن الأسمدة العضوية التجارية المحضرة من الأنسجة الحيوانية ما يلى:

١– من الأسمدة المحضرة من الأسماك سماد Alaska Fish Emulsion 5-1-1، وهو مستحلب يحتوى على ٥٪ نيتروجينًا عضويًا، بالإضافة إلى ١٪ من كل من الفوسفور والبوتاسيوم، ويستعمل مع مياه الرى – سواء أكان الرى بالرش، أم بالتنقيط – بمعدل لتر من السماد لكل ٢٥٠ لترًا من مياه التربة.

٢– من الأسمدة المحضرة من العظام سماد Bone Meal 1-11-0؛ وهو سماد غنى بالفوسفور العضوى، ويضاف إلى التربة نثرًا أو إلى جانب النباتات.

٣– من الأسمدة المحضرة من الدم سماد الدم المجفف Dried Blood 10-0-0، وهو يحتوى على ١٠٪ نيتروجينًا عضويًا سريع التيسر للنبات.

مخلفات المجارى المعالجة

لا يجوز استعمال مخلفات المجارى Sewage sludge فى التسميد قبل معالجتها للتخلص مما يوجد بها من مسببات الأمراض التى تصيب الإنسان، والتى تتلوث بها منتجات الخضر. ولا يقوم الأفراد بإجراء هذه المعالجة بأنفسهم، ولكنها تجرى فى مصانع خاصة.

وقد استخدم Bevacqua & Mellano (١٩٩٣) مخلفات المجارى المعالجة والمكمورة، والمضاف إليها قلامات من أشجار الكافور .. استخدماها فى تسميد محاصيل الخضر.

وقد أدت الحرارة الناتجة أثناء كمر المخلفات إلى قتل الجراثيم المرضية، وبذور الحشائش، مع التخلص من الروائح الكريهة. كما استخدمت مخلفات مجارى مجففة صناعيًّا، وكان تحليل نوعى المخلفات كما يلى:

التحليل	مخلفات المجارى المكمورة	مخلفات المجارى المجففة صناعيًّا
النيتروجين الكلى N (٪)	١,٩	٣,١٧
الفوسفور P_2O_5 (٪)	٠,١	٠,٠١
البوتاسيوم K_2O (٪)	٠,٦	٠,٠٦
pH	٦,٤	٧,١
EC (dS/m)	١٧,٨	١١,٠
Ca (me/l)	٤٠,٠	٣٣,٠
Mg (me/l)	٣٤,٠	٣٥,٠
Na (me/l)	٣٧,٨	٧٠,٠
Cl (me/l)	٥٩,٠	٥١,٢
كادميوم (جزء فى المليون)	٥,٥	٣,١
النيكل (جزء فى المليون)	٣٠,٧	١٠,٣
الزنك (جزء فى المليون)	١٢٥,٠	٢٧٥,٠
المادة العضوية (٪)	٤١,٨	٤٩,٢

وقد أدى استعمال مخلفات المجارى — بنوعيها — بسمك ١٠ سم إلى زيادة محصولى البصل والسبانخ جوهريًّا.

ويخشى دائمًا أن تحتوى مخلفات المجارى على تركيزات عالية سامة من عناصر مثل الزنك، والألومنيوم، والكادميوم، والرصاص، والحديد، والنحاس، والمنجنيز والموليبدنم. كما أن بعض هذه العناصر يمكن أن تسبب مشاكل صحية للإنسان إذا تراكمت فى الأجزاء المستخدمة فى غذائه.

هذا .. إلا أن كثيرًا من هذا العناصر تثبت فى صورة غير ميسرة لاستعمال النبات فى الأراضى الجيرية ذات الـ pH المرتفع.

ويوصى Smith (١٩٩٤) — للحماية من تراكم عنصر الكادميوم فى غذاء الإنسان — ألا يزيد تركيز الكادميوم فى الأراضى المعاملة بمخلفات المجارى المعالجة عن ٢,٠، و ٢,٥ مجم كادميوم/كجم تربة لمدى pH من ٥,٠–٥,٥، ومن ٥,٥–٦,٠ على التوالى.

وقد وجد Ozores-Hampton وآخرون (١٩٩٤) أن تسميد الطماطم والكوسة — فى أرضٍ جيرية — بمخلفات المجارى أدى إلى زيادة المحصول، بينما لم يكن لذلك أية تأثيرات يعتد بها على تركيز العناصر الثقيلة فى الثمار.

ويتوقف امتصاص النباتات لعنصر الكادميوم Cadmium على مصدر النيتروجين المستعمل فى التسميد؛ فقد وجد Florijn وآخرون (١٩٩٢) من دراساتهم على الخس أن تركيز الكادميوم فى كل من الجذور والنموات الخضرية كان فى النباتات التى سمدت بسماد نشادرى أعلى منه فى تلك التى حصلت على احتياجاتها من الآزوت من مصدر نتراتى، علمًا بأن مصدر الآزوت لم يكن له تأثير على توزيع الكادميوم فى النبات بعد امتصاصه.

تحضير الأسمدة العضوية بالمزرعة

الأسمدة الحيوانية

يستخدم السماد الحيوانى طازجًا — حيث يخلط بتربة الحقل قبل تحلله — أو بعد أن يكون قد تحلل جزئيًّا.

وأهم مزايا استخدام السماد الطازج ما يلى:

١– تقليل الفقد فى العناصر الغذائية من السماد.

٢– تؤدى نواتج تحلل المادة العضوية — وهى فى التربة — إلى تحول بعض العناصر الغذائية من صور غير ذائبة إلى صور ذائبة ميسرة لامتصاص النبات.

٣– تضاف الكائنات الحية الدقيقة إلى التربة مع السماد العضوى الطازج.

ولكن يعيب استعمال السماد الطازج ما يلى:

١- احتمال احتراق النباتات؛ نتيجة سرعة تحلل البول الموجود بالسماد، وخاصة فى الأراضى الخفيفة المسامية.

٢- حدوث نقص مؤقت فى النيتروجين بالتربة، نتيجة استهلاكه بواسطة الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل المادة العضوية المضافة.

٣- قد تؤدى المادة العضوية غير المتحللة إلى عدم تحرك الماء بحرية فى التربة. كما قد تتعارض مع حرث وتجهيز التربة.

٤- غالبًا ما يحتوى السماد الطازج على بذور الحشائش ومسببات الأمراض.

لكن هذه العيوب يمكن تلافيها بسهولة بخلط السماد بالتربة عندما يكون السماد جاهزًا للاستعمال بعد تحلله جزئيًا، كما أن السماد الحيوانى يتم إنتاجه على مدى فترة زمنية طويلة؛ ولذلك يجب جمعه وتخزينه والمحافظة عليه قبل توزيعه فى الحقل. وفى هذه الأثناء يجب توفير الظروف المناسبة للمحافظة على العناصر الغذائية بالسماد من الفقد إلى أن يتحلل السماد جزئيًا.

ومن أهم مزايا استعمال السماد المتحلل تلافى كل عيوب استعمال السماد الطازج. ولكن يعيب استعمال السماد المتحلل جزئيًا تعرض العناصر الغذائية للفقد.

ويمكن تقليل هذا الفقد إلى أقل حد ممكن بمراعاة ما يلى:

١- العناية بجمع بول الحيوانات.

٢- تجنب الفقد بالتخمر بإبقاء كومة السماد رطبة مندمجة.

٣- تجنب الفقد بالرشح. بجعل كومة السماد فى أرض بعيدة فى مستوى الماء الأرضى.

٤- تجنب احتراق كومة السماد، بإضافة الماء إليها، وتقليبها من آن إلى آخر (٢-٣ مرات)؛ علمًا بأن ذلك يساعد أيضًا على تجانس التحلل فى كومة السماد.

كذلك يشير Flynn وآخرون (١٩٩٥) إلى أهمية كمر مخلفات الدواجن (سماد الكتكوت) قبل إضافته إلى التربة؛ حيث يؤدى تحلله البيولوجى إلى زيادة قيمته بالنسبة

إلى تحسين خصائص التربة الفيزيائية. كما يصلح هذا السماد المتحلل — أيضًا — كأحد مكونات مخاليط الزراعة فى أوعية نمو النباتات أو عند إنتاج الشتلات.

المكمورة

المكمورة Compost عبارة عن كومة تحوى مخلوطًا من المواد العضوية؛ مثل بقايا نباتات المزرعة والمخلفات الحيوانية؛ حيث يخلط بالتربة مع ترطيبهما إلى أن يتم تحللهما. وتسمى هذه العملية باسم "الكمر" composting، والسماد الناتج باسم "السماد العضوى الصناعى" artificial manure، أو الكمبوست compost.

ويجب عند تحضير المكمورة أن يستفاد من كل مخلفات المزرعة؛ مثل بقايا النباتات، والقمامة، والقش، والحشائش، وكذلك المخلفات الحيوانية، وإن كان ذلك ليس شرطًا لعمل المكمورة. وتخصص مساحة ٦م^{٢} لكل طن من المادة العضوية المراد خلطها فى المكمورة، على أن يكون مكان المكمورة قريبًا من مصدر الماء العذب لاحتياجها إلى كميات كبيرة من الماء طول فترة الكمر لتشجيع تحلل المادة العضوية.

ويضاف السماد الكيميائى إلى المخلوط بمعدل ٢٠ كجم سلفات نشادر، و ٤ كجم سوبر فوسفات، و ٢٠ كجم كربونات كالسيوم. ويخلط كل ذلك مع نحو ١٠٠ كجم من التربة لكل طن من المادة العضوية أيًّا كان نوعها. وتزداد مقادير الآزوت والفوسفور المضافة بزيادة نسبة الكربون إلى النيتروجين فى عناصر المكمورة. وترجع أهمية كربونات الكالسيوم المضافة إلى كونها تعمل على معادلة التأثير الحامضى لسلفات النشادر، وما يتكون من أحماض أثناء التحلل.

وتجب المحافظة على رطوبة الكومة بصورة دائمة، مع مراعاة عدم زيادتها أكثر من اللازم، فترش بالماء كلما لزم الأمر. والرطوبة المثلى هى تلك التى تتسبب فى ترطيب اليد، دون أن يتساقط الماء عندما يضغط باليد على عينة من السماد تؤخذ من على عمق ٢٠ سم تقريبًا.

ويراعى تقليب الكومة جيدًا بعد شهر ونصف من تجهيزها، ثم بعد شهر آخر، ثم بعد

١٥ يومًا أخرى إذا لزم الأمر. ويستلزم تمام التحلل نحو ٣-٣,٥ شهرًا في الجو الدافئ. وبعد تمام التحلل يمكن خزن السماد الناتج في حيز أصغر، وكبسه، مع استمرار ترطيبه بالماء وحمايته من الحرارة. ويعطي الطن الواحد من الفضلات نحو ٢,٥م³ من الكمبوست.

ولعمل المكامير الكبيرة – بهدف تحضير سماد الكومبوست على نطاق واسع – يوصى Nelson (١٩٨٥) بمراعاة ما يلي:

توضع المواد العضوية التي يُراد وضعها في المكمورة في كومات يبلغ عرضها عند القاعدة نحو ٢١٠ سم، بينما يزيد طولها على ذلك، ويصل ارتفاعها إلى ١٥٠ سم. تكون الكومة مستدقة – تدريجيًا – نحو القمة؛ بحيث تقل جوانبها – عند القمة – بنحو ٦٠ سم عما يكون عليه الحال عند القاعدة.

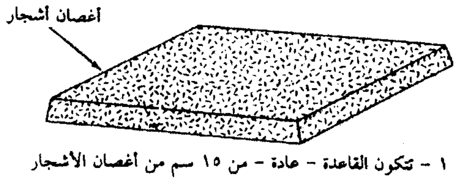
تتكون المواد العضوية التي يجب وضعها في المكمورة من مجموعتين؛ كما يلي:

١- مواد كربونية تكون فقيرة في محتواها من النيتروجين، وغنية نسبيًا في محتواها من الكربون؛ مثل: القش، وبرى الخشب، ونشارة الخشب.

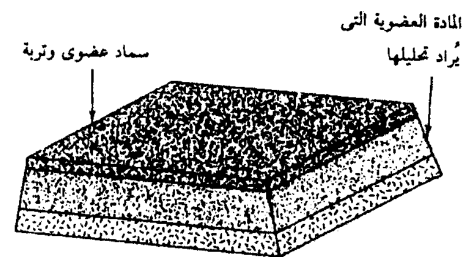
٢- مواد نيتروجينية تكون غنية بالنيتروجين مقارنة بالكربون؛ مثل: النباتات الخضراء، والسماد الحيواني، والزبالة، ومخلفات المجاري المهضومة، والتربة.

يجب خلط هذه المواد معًا بنسبة ٧٥٪ مواد كربونية إلى ٢٥٪ مواد نيتروجينية (شكل ١٧-١).

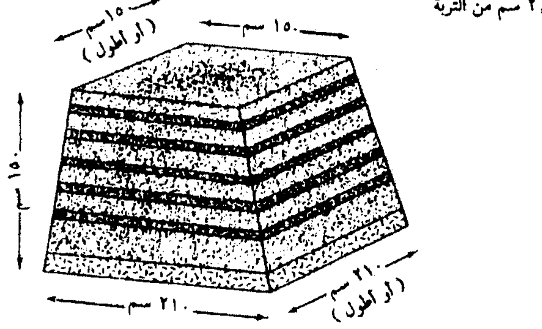
يوضع أسفل المكمورة – عادة – طبقة من الأغصان النباتية (الناتجة من عمليات التقليم) سُمكها ١٥ سم، لتوفير التهوية اللازمة للتحلل الجيد. يلي ذلك إضافة طبقة من مخلوط المواد الكربونية والنيتروجينية (بنسبة ٣ : ١) بسمك ٣٠ سم، تليها طبقة من مادة نيتروجينية – مثل السماد الحيواني – سُمكها ٥ سم، ويوضع على قمتها طبقة من التربة سُمكها ٢,٥ سم. يكرر بعد ذلك إضافة هذه الطبقات – ولكن مع عدم تكرار إضافة طبقة الأغصان النباتية، وتقليل سمك طبقة مخلوط المواد الكربونية والنيتروجينية إلى ١٥ سم – حتى تصبح الكومة بارتفاع ١٥٠ سم.



١ - تتكون القاعدة - عادة - من ١٥ سم من أغصان الأشجار



٢ - يوضع على طبقة الأغصان السفلى ٣٠سم من مخلوط النفايات العضوية ، ثم ٥ سم من السماد العضوى ، ثم ٢,٥ سم من التربة



شكل (١٧-١): طريقة عمل المكمورة (يُراجع المتن للتفصيل).

يراعى أن تكون قمة الكومة مقعرة من أعلى؛ حتى يمكن إضافة الماء إليها. يعتبر الماء ضروريًّا لعملية الكمر والتحلل، ويجب أن تتراوح نسبته — بالوزن — من ٥٠٪ إلى ٦٠٪. وعند إضافة أية مواد جافة إلى الكومة فإنه يتعين ترطيبها.

تحتاج الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية تحليل المواد العضوية إلى كميات كبيرة من الأكسجين. وإذا كانت الكومة زائدة الرطوبة — إلى الحد الذى تصبح معه منضغطة أثناء

التحلل – فإن الأكسجين الموجود فيها يستهلك بسرعة أكبر من سرعة نفاذه إلى داخلها. ويترتب على ذلك نشاط مجموعة أخرى من الكائنات الدقيقة ينتج منها رائحة كريهة، وتكون نواتج التحلل غير مرغوب فيها.

وبينما يكون التحلل زائدًا فى الكومات التى يزيد ارتفاعها على ١٨٠ سم، فإن الكومات غير العميقة (٦٠ سم مثلاً) لا تكون معزولة بقدر كافٍ للمحافظة على الحرارة العالية اللازمة للتحلل.

يجب خلط المكمورة جيدًا من آن لآخر؛ وذلك لإعادة تكوين المسافات البينية التى تسمح بالتهوية، ولنقل الأجزاء السطحية – التى لم تتحلل – من الكومة إلى مركزها. وتزداد سرعة التحلل بزيادة معدل تقليب الكومة. وبينما يمكن أن تستكمل الكومة تحللها فى ستة شهور إذا قلبت كل ستة أسابيع، فإن عملية التحلل يمكن استكمالها فى أسبوعين إذا قلبت الكومة بعد أربعة أيام، ثم فى اليوم السابع، واليوم العاشر.

تتوفر الكائنات الدقيقة التى تلزم لعملية التحلل فى كل من السماد العضوى والتربة المضافين إلى المخلوط. وتحصل الكائنات الدقيقة على النيتروجين اللازم لها من المواد النيتروجينية الموجودة فى الخلطة. وإذا لم تتوفر المواد النيتروجينية بكميات كافية فى الخلطة كان من الضرورى إضافة بعض الأسمدة الآزوتية إليها، وإلا طالت فترة الكمر اللازمة.

يكون السماد العضوى الناتج من المكمورة فقيرًا فى محتواه من العناصر المغذية؛ حيث يحتوى الكومبوست الجاف – عادة – على ١,٥–٣,٥٪ نيتروجينًا، و ٠,٥–١,٠٪ فوسفورًا، و ١,٠–٢,٠٪ بوتاسيوم. ويكون الـ pH – عادة – متعادلاً إلى قليل القلوية.

وتحدث عملية التحلل فى عدة مراحل يقوم بكل منها مجموعة مختلفة من الكائنات الدقيقة. ففى البداية تعمل مجموعة الكائنات التى تنشط فى الحرارة المعتدلة Mesophyllic Organisms، إلى أن ترتفع درجة حرارة الكومة إلى ٤٠°م؛ حيث تنشط

بعد ذلك الكائنات المحبة للحرارة Thermophyllic Organisms — التى ترتفع معها حرارة الكومة إلى ٧٠°م — وتبقى نشطة لفترة، ثم تنخفض حرارة الكومة بعدها — تدريجيًّا — إلى أن تتساوى مع حرارة الهواء المحيط بها.

وتحدث تغيرات مماثلة فى pH الكومة أثناء تحللها. ففى البداية تكون المادة العضوية — المتحصل عليها من مصادر نباتية طازجة — حامضية قليلاً؛ حيث يكون رقم حموضتها حوالى ٦,٠. ومع تحلل المادة العضوية تتكون الأحماض العضوية التى تخفض الـ pH إلى ٤,٥–٥,٠. ومع ارتفاع درجة الحرارة تحدث تغيرات كيميائية أخرى تؤدى إلى رفع الـ pH إلى ٧,٥–٨,٥. وفى النهاية يثبت الـ pH عند حوالى ٧–٧,٥ (عن Nelson ١٩٨٥).

تحلل المادة العضوية

عند قلب المادة العضوية فى التربة، فإن نسبة الكربون إلى النيروجين تكون — عادة — عالية فى البداية؛ حيث تبلغ نحو ٥٠ : ١. ومع تحلل المادة العضوية تنطلق كميات كبيرة نسبيًّا من ثانى أكسيد الكربون، وكميات قليلة نسبيًّا من النيتروجين النتراتى والأمونيومى؛ فتضيق النسبة تدريجيًّا. ويستمر ذلك مع استمرار تحلل المادة العضوية، حتى تصل نسبة الكربون إلى النيتروجين نحو ١٠ : ١. وتظل النسبة ثابتة بعد ذلك، برغم استمرار تحلل المادة العضوية. ويعنى ذلك أن المادة العضوية التى توجد فى صورة متقدمة من التحلل تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين بها ١٠ : ١ مهما كانت النسبة فى بداية التحلل؛ لذلك نجد أن المادة العضوية التى بها نسبة كبيرة من الكربون إلى النيتروجين تعطى عند تحللها كمية أكبر من ثانى أكسيد الكربون، وكمية أقل من الدبال humus، وهو الناتج النهائى للتحلل.

تقسيم المواد العضوية حسب نسبة الكربون إلى النيتروجين بها

تقسم المواد العضوية حسب نسبة الكربون إلى النيتروجين بها إلى الأقسام التالية:

١–**مواد ذات نسبة متقاربة جدًا** very narrow؛ مثل: بول الحيوانات (١٠ : ١)، والبقوليات فى الأطوار المبكرة من نموها (١٥ : ١–٢٠ : ١).

٢- مواد ذات نسبة متقاربة؛ مثل: البقوليات فى الأطوار المتأخرة من نموها والسماد الحيوانى المتحلل (٢٠:١)، وغير البقوليات فى الأطوار المبكرة من نموها (٢٠:١).

٣- مواد ذات نسبة واسعة؛ مثل: القش المتحلل، والأوراق المتحللة (٦٠:١)، وغير البقوليات فى الأطوار المتأخرة من نموها (٦٠:١).

٤- مواد ذات نسبة واسعة جدًّا؛ مثل: القش (٨٠:١)، والأوراق (٨٠:١)، ونشارة الخشب (٣٠٠:١) (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

وعمومًا .. تتوقف نسبة الكربون إلى النيتروجين على مرحلة النمو النباتى؛ فتكون النسبة أوسع كلما تقدمت النباتات فى النمو، وكذلك فى النباتات غير البقولية تكون النسبة أوسع منها فى النباتات البقولية.

العوامل المؤثرة على سرعة تحلل المادة العضوية

يتم تحت الظروف المناسبة تحلل نصف كمية المادة العضوية الطازجة المضافة (سماد حيوانى، أو سماد أخضر) خلال ٢-٣ أسابيع، ونحو ٣/٢ الكمية المضافة خلال ٤-٦ أسابيع.

وتتأثر سرعة تحلل المادة العضوية بالعوامل التالية:

١- درجة الحرارة:

حيث تخضع سرعة التحلل لقانون: فانت هوف Vant Hoff؛ فتزداد سرعة التحلل إلى الضعف مع كل زيادة مقدارها ١٠ درجات مئوية بين درجتى حرارة صفر، و ٣٥°م.

٢- تهوية التربة:

لأن الأكسجين ضرورى لتأكسد المواد العضوية، ولتنفس الكائنات الدقيقة فى التربة.

٣- الرطوبة الأرضية:

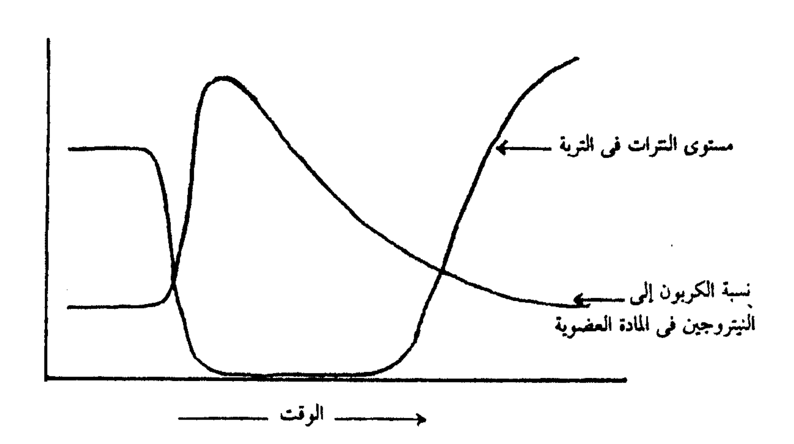
لضرورتها لنمو الكائنات الدقيقة، ولإتمام التفاعلات التى تحدث أثناء التحلل.

٤- pH التربة:

حيث تكون كائنات التربة فى أعلى درجات نشاطها بين pH ٦-٦.٥.

نواتج تحلل المادة العضوية

عند تحلل المادة العضوية، فإنها إما أن تتأكسد كلية، وإما أن تتحلل إلى مواد وسطية تسمى الدبال humus. ومن المواد التي تتأكسد أو تتحلل كلية المركبات العضوية البسيطة، كالسكريات، والنشويات، والهيميسيليلوز، والبروتينات البسيطة. فالسكريات تتأكسد إلى CO_2، وماء وحرارة، مع صور أخرى للطاقة. والبروتينات البسيطة تتأكسد في وجود الماء إلى CO_2، وماء، وأمونيا، وطاقة. والبروتينات المركبة المحتوية على الكبريت تتأكسد في وجود الماء إلى CO_2، وماء، وأمونيا، وكبريتيد الأيدروجين. هذا .. وتتحول الأمونيا إلى نيتروجين نتراتي، ويتحول كبريتيد الأيدروجين إلى كبريتات. والمعادن تتحد مع بعض الأنيونات، مكونة أملاحًا، أو تبقى في المحلول الأرضي كأيونات. وتفيد المركبات التي تتأكسد كلية في إمداد كائنات التربة الدقيقة بالطاقة، كما تفيد في إمداد النبات ببعض العناصر الضرورية. هذا .. ويتغير مستوى النترات في التربة أثناء تحلل المادة العضوية حسبما يظهر في شكل (١٧-٢).



شكل (١٧-٢): التغير في نسبة الكربون إلى النيتروجين في المادة العضوية أثناء تحللها، وعلاقة ذلك بمستوى النترات في التربة (عن Buckman & Brady ١٩٦٠).

أما الدبال، فهو مركب وسطى لتحلل المادة العضوية. وهو ناتج من نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة عليها، ويوجد فى صورة غروية، وله أهميته القصوى فى زيادة السعة التبادلية للتربة. والدبال عبارة عن مادة عضوية متقدمة كثيرًا فى درجة تحللها. وهو مادة غير متجانسة، ليس له تركيب كيميائى محدد، ولونه بنى داكن، ويتكون من بقايا نباتية وحيوانية متحللة مع بقايا خلايا كائنات التربة نفسها. والدبال غير ثابت التركيب، ويتغير باستمرار فى التربة ببطء.

يشكل اللجنين نحو ٤٠٪–٤٥٪ من الدبال، ويدخل البروتين فى تركيبه بنسبة ٣٠٪–٣٥٪، أما الباقى، فهو عبارة عن دهون وشموع ومواد أخرى. واللجنين بالدبال ذو أصل نباتى، أما البروتين، فإنه يرجع إلى نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة (Millar وآخرون ١٩٦٥).

محتوى الأسمدة العضوية من العناصر المغذية

يوضح جدول (١٧–٤) محتوى مختلف الأسمدة العضوية من العناصر المغذية الكبرى.

جدول (١٧–٤) محتوى مختلف الأسمدة العضوية التقريبى من العناصر الكبرى (عن Rosen & Eliason ٢٠٠٥)

السماد	النسبة المئوية على أساس الوزن الجاف		
	N	P_2O_5	K_2O
السبلة الحيوانية ناتج:			
ماشية اللحم	١,٢	٢,٠	٢,١
ماشية اللبن	٢,١	٣,٢	٣,٠
الطيور البحرية	٦,٠	٥,٠	٣,٠
الخيل	٢,١	٣,٢	٢,٠
الدواجن	٣,٠	٥,٠	٢,٠
الغنم	١,٦	١,٢	٢,٠
الخنازير	٢,٥	٢,١	١,٠

تابع جدول (١٧-٤).

السماد	النسبة المئوية على أساس الوزن الجاف		
	N	P_2O_5	K_2O
تبن البرسيم الحجازى	٢,٥	٠,٥	٢,٥
مسحوق الدم	١٣,٠	٢,٠	١,٠
مسحوق العظام الخام	٣,٠	٢٢,٠	صفر
مسحوق العظام المعامل بالبخار	١,٠	١٥	صفر
جريش بذور الخروع	٥,٥	٢,٠	١,٠
جريش بذور القطن	٦,٠	٣,٠	١,٥
مسحوق السمك	١٠,٠	٦,٠	٤,٩
عشب الـ kelp البحرى	١,٥	١,٠	صفر
جريش الفول السودانى	٧,٠	١,٥	١,٢
جريش فول الصويا	٧,٠	١,٢	١,٥

أنواع الأسمدة البطيئة التيسر والمتحكم فى تيسرها

تزداد أهمية استعمال كلاً من الأسمدة البطيئة التيسر slow release fertilizers، والأسمدة المتحكم فى تيسرها controlled release fertilizers فى الأراضى الرملية التى تنخفض فيها القدرة على الاحتفاظ بكل من الماء والعناصر.

يعتمد التيسر فى الأسمدة البطيئة التيسر على سرعة تحللها بيولوجيًّا بفعل كائنات التربة الدقيقة، الأمر الذى يعتمد على درجة الحرارة ومدى توفر الرطوبة، كما يتأثر تيسرها سلبًا بعمليات تبخير التربة بالمعقّمات. ومن أمثلة تلك الأسمدة: اليوريا فومالدهيد urea formaldehyde، والأيزوبيوتيليدين دايوريا isobutylidene diurea والميثلين يوريا methylene urea.

أما الأسمدة المتحكم فى تيسرها فإنها تعتمد على إطلاق الأسمدة من أغلفتها وليس على أى تحلل بيولوجى؛ الأمر الذى يعتمد على كل من درجة الحرارة وتيسر الرطوبة،

ومن أمثلتها: اليوريا المغطاة بالكبريت sulfur-coated urea، واليوريا المغطاة بالبوليمر polymer-coated urea، واليوريا المغطاة بالبوليمر والكبريت polymer/sulfur-coated urea (Morgan وآخرون ٢٠٠٩).

هذا .. ولم يمكن تحت ظروف الزراعة الحقلية للخضر فى كاليفورنيا ملاحظة أى مزايا بستانية لاستعمال الأسمدة البطيئة التيسر، كما أن ارتفاع أسعارها يحد من استعمالها (Hartz & Smith ٢٠٠٩). ولا يعتقد بأن لاستعمال تلك الأسمدة فى إنتاج الخضر أى فائدة بخلاف الحد من التلوث البيئى، ولكن حتى تلك الفائدة — تتطلب أن يكون تيسر النيتروجين منها متوافقًا مع احتياجات المحصول المنزرع (Guertal ٢٠٠٩).

وتعد الصخور المحتوية على الفوسفور والبوتاسيوم من الأسمدة البطيئة التيسر والتى يوصى باستعمالها — خاصة — فى الزراعات العضوية.

ويُذكر أن الاستعانة بصخر الفوسفات كمصدر للفوسفور لا تكون مؤثرة إلاّ فى الأراضى ذات الـ pH الحامضى الذى يعمل على تيسر جانبًا من الفوسفور. ومع ذلك فإن خلط الأسمدة العضوية — مثل سبلة الدواجن — مع صخر الفوسفات يفيد كثيرًا فى تيسر الفوسفور منه (Akande وآخرون ٢٠٠٥).

وقد ذكر أنه لا يمكن — بصورة عامة — الاعتماد على صخر الفوسفات كسماد فوسفاتى فى الزراعة؛ لأنه عديم الفائدة للنباتات خلال الموسم الأول لإضافته من جهة، ولأن الأمر يتطلب إضافة كميات ضخمة منه بصورة غير اقتصادية من جهة أخرى (Bolland وآخرون ١٩٨٨).

الأسمدة الكيميائية

تتنوع كثيرًا الأسمدة الكيميائية المستخدمة فى تسميد الخضر. ويبين جدول (١٧–٥) المصادر الرئيسية لمختلف العناصر الكبرى والصغرى من الأسمدة البسيطة. أما الأسمدة المركبة فأنواعها كثيرة للغاية وجميعها منتجات تجارية يمكن التعرف عليها من الشركات المنتجة لها.

جدول (١٧-٥): الأسمدة التجارية البسيطة الشائعة الاستعمال (Rosen & Eliason ٢٠٠٧).

العنصر	السماد	التحليل N (٪)	P_2O_5 (٪)	K_2O (٪)
N	نترات الأمونيوم	٣٣	صفر	صفر
	سلفات الأمونيوم	٢١	صفر	صفر
	ثيوسلفات الأمونيوم	١٢	صفر	صفر
	الأمونيا اللامائية anhydrous ammonia	٨٢	صفر	صفر
	نترات الكالسيوم	١٥,٥	صفر	صفر
P/N	فوسفات ثنائى الأمونيوم	١٨	٤٦	صفر
	فوسفات أحادى الأمونيوم	١١	٤٨	صفر
K/N	نترات البوتاسيوم	١٣	صفر	٤٤
N	نترات الصوديوم	١٦	صفر	صفر
	اليوريا	٤٦	صفر	صفر
	يوريا/نترات الأمونيوم	٢٨-٣٢	صفر	صفر
	اليوريا المغطاة بالبوليمر	٤٠-٤٤	صفر	صفر
P	صخر الفوسفات	صفر	٥	صفر
	السوبر فوسفات العادى	صفر	١٥,٥	صفر
	السوبر فوسفات الثلاثى	صفر	٤٦	صفر
	حامض الفوسفوريك	صفر	٥٠-٦٠	صفر
K	كلوريد البوتاسيوم	صفر	صفر	٦٠
	سلفات البوتاسيوم والمغنيسيوم	صفر	صفر	٢٢
	سلفات البوتاسيوم	صفر	صفر	٥٠
			(٪)	
Ca	كبريتات الكالسيوم (الجبس)		٢٢	
	نترات الكالسيوم		٢٠	
	كلوريد الكالسيوم		٣٦	
	الكالسيوم المخلبى		٤-١٢	
Mg	كبريتات المغنيسيوم (أملاح أبسوم)		١٠	
	كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم		١١	

تابع جدول (١٧-٥).

العنصر	السماد	التحليل N (٪)	التحليل P_2O_5 (٪)	التحليل K_2O (٪)
			(٪)	
S	ثيوسلفات الأمونيوم		٢٦	
	سلفات الأمونيوم		٢٤	
	كبريتات الكالسيوم (الجبس)		١٩	
	زهر الكبريت		٩٩-١٠٠	
	سلفات البوتاسيوم والمغنيسيوم		١٨	
	سلفات البوتاسيوم		١٨	
	سلفات المغنيسيوم (أملاح إبسوم)		١٣	
B	البوراكس		١١	
	حامض البوريك		١٧	
	سوليو بور solubor		١٧-٢١	
	بنتابورات الصوديوم		١٨	
	تترابورات الصوديوم		١٤-٢٠	
Cu	كلوريد النحاسيك		٤٧	
	كبريتات النحاس		٢٥	
	النحاس المخلبى		٨-١٣	
Fe	كبريتات الحديد		٢٠	
	الحديد المخلبى		٥-١٢	
Mn	كبريتات المنجنيز		٢٧	
	المنجنيز المخلبى		٥-١٢	
Mo	موليبدات الأمونيوم		٥٤	
	موليبدات الصوديوم		٣٩	
Zn	أكسيد الزنك		٨٠	
	كبريتات الزنك		٣٦	
	الزنك المخلبى		١٤	

ومن أهم الأسمدة الآزوتية السائلة الشائعة الاستعمال ما يلى:

السماد	كجم N/لتر
نترات الأمونيوم	٠,٢٦
ثيوسلفات الأمونيوم	٠,١٦
الأمونيا اللامائية	٠,١٨
يوريا/نترات الأمونيوم (UAN32)	٠,٤٢

طرق التعرف على مدى حاجة محاصيل الخضر للتسميد

يمكن التعرف على مدى حاجة محاصيل الخضر للتسميد بأخذ عدد من العوامل فى الاعتبار، كما يتبين مما يلى:

أعراض نقص العناصر

يمكن التعرف على حاجة محاصيل الخضر للتسميد من أعراض نقص العناصر، كما يتبين من المفتاح التالى:

١- الأوراق العليا:

أ- احتراق حواف الأوراق أو تلونها بالبنى: نقص الكالسيوم، وسمية الأمونيوم.

ب- اصفرار بين العروق: نقص الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس، وزيادة الفوسفور.

جـ- موت القمم النامية: نقص البورون والكالسيوم، وسمية الأمونيوم.

د- اصفرار الأوراق: نقص الكبريت (تظهر أعراض نقص الكبريت — عادة — على الأوراق العليا أولاً، ولكن الاصفرار العام للنبات كله قد يحدث عند استمرار نقص العنصر لفترة طويلة).

٢- الأوراق السفلى:

أ- التلون البنى لحواف الأوراق: نقص البوتاسيوم، وزيادة الملوحة، والتسمم بالبورون.

ب- اصفرار بين العروق: نقص المغنيسيوم، وزيادة البوتاسيوم.

جـ- التلون القرمزى للأوراق: نقص الفوسفور.

د- اصفرار الأوراق: نقص النيتروجين والكبريت.

هذا .. إلا أن الاعتماد على ظهور أعراض نقص العنصر يعنى أن المحصول قد عانى بالفعل من النقص، علمًا بأن الضرر يبدأ فى مرحلة سابقة لظهور الأعراض، حينما ينخفض تركيز العنصر بالنبات إلى مستوى غير كاف للنمو الطبيعى.

تحليل التربة

يمكن من نتائج تحليل التربة التعرف على مدى حاجة الخضر للتسميد، كما يتبين من جداول (١٧-٦)، و (١٧-٧)، و (١٧-٨).

جدول (١٧-٦): مستوى العناصر فى التربة عند نتائج التحليل المختلفة (بالـ Mehlich 1 soil test)، وذلك بالنسبة لحاجة محاصيل الخضر للتسميد (عن Hochmuth ٢٠٠٣).

العنصر	تفسير نتائج تحليل التربة بالملليجرام لكل كيلو جرام				
	منخفض جدًّا	منخفض	متوسط	عال	عا جدًّا
P	> ١٠	١٠-١٥	١٦-٣٠	٣١-٦٠	< ٦٠
K	> ٢٠	٢٠-٣٥	٣٦-٦٠	٦١-١٢٥	< ١٢٥
Mg	> ١٠	١٠-٢٠	٢١-٤٠	٤١-٦٠	< ٦٠
Ca	> ١٠٠	١٠٠-٢٠٠	٢٠١-٣٠٠	٣٠١-٤٠٠	< ٤٠٠
احتمال الاستجابة للتسميد (٪)	< ٩٠	٦٠-٩٠	٣٠-٦٠	١٠-٣٠	> ١٠

جدول (١٧-٧): مناسبة نتائج تحليل الفوسفور فى التربة بطريقتين (بالجزء فى المليون) لمختلف محاصيل الخضر (عن Rosen & Eliason ٢٠٠٥).

الخضر	المستوى	طريقة Bray-P1	طريقة Olsen-P
البقولية والذرة السكرية	منخفض	صفر-٥	صفر-٣
	متوسط	٦-١٠	٤-٧
	متوسط/عال	١١-١٥	٨-١١
	عال	١٦-٢٠	١٢-١٥
	عال جدًّا	٢١+	١٦+

تابع جدول (١٧-٧).

الخضر	المستوى	طريقة Bray-P1	طريقة Olsen-P
الخضر الأخرى	منخفض	صفر-١٠	صفر-٧
	متوسط	١١-٢٠	٨-١٥
	متوسط/عال	٢١-٣٠	١٦-٢٥
	عال	٣١-٤٠	٢٦-٣٣
	عال جدًا	٤١+	٣٤+

جدول (١٧-٨): مدى مناسبة نتائج تحليل البوتاسيوم فى التربة (بالجزء فى المليون) لمحاصيل الخضر (عن Rosen & Eliason ٢٠٠٥).

المستوى	K
منخفض	صفر-٤٠
متوسط	٤١-٨٠
متوسط/عال	٨١-١٢٠
عال	١٢١-١٦٠
عال جدًا	١٦١+

وفى المقابل .. يجب أن يكون تركيز بعض العناصر الدقيقة والعناصر الثقيلة فى التربة فى حدود المدى الآمن، كما يلى:

● الرصاص:

يبلغ متوسط المدى الطبيعى ٢-٣ أجزاء فى المليون، وإذا زاد التركيز فى التربة عن ١٠٠ جزء فى المليون يزداد امتصاص النباتات له بشدة.

● الكاديميم:

يبلغ المتوسط الطبيعى ٠,١ جزًا فى المليون، وإذا زاد التركيز عن جزء واحد فى المليون يزداد امتصاص النباتات منه بشدة.

● النيكل:

يبلغ التركيز الطبيعى جزءًا واحدًا فى المليون.

● الموليبدنم:

إذا زاد التركيز فى التربة عن ٠,٥ جزءًا فى المليون فإن النباتات يمكن أن تمتص كميات كبيرة منه تعد سامة للحيوانات المزرعية.

● البورون:

عند تواجده فى التربة بتركيز جزء واحد فى المليون تتسمم منه النباتات الحساسة، وعند تركيز ٥ أجزاء فى المليون تتسمم معظم النباتات، وعند تركيز ١٠ أجزاء فى المليون تتسمم النباتات المتحملة للبورون (Ells ٢٠٠٦).

تحليل النبات

يمكن تحليل النبات التعرف على حالته الغذائية ومدى غناه أو فقره فى العناصر الغذائية؛ ومن ثم تحديد مدى حاجته إلى تلك العناصر. حيث يوجو تركيز حرج critical concentration من كل عنصر إذا انخفض عنه يحدث تدهور كبير وسريع فى النمو النباتي، وتظهر أعراض نقصه. عند هذا التركيز الحرج يكون النقص فى معدل النمو حوالى ٨٠٪، وبزيادته يزداد معدل النمو إلى أن ينعدم النقص فى النمو وتختفى أعراض النقص عند حدٍ أدنى معين من تركيز العنصر فى النبات. وتعرف تلك المرحلة ما بين التركيز الحرج وذلك الحد الأدنى بالمرحلة الانتقالية transition zone. وبزيادة تركيز العنصر فى النبات عن الحد الأدنى لكفايته يستمر النمو النباتي عند أعلى مستوى له حتى ولو استمرت الزيادة فى تركيز العنصر، وتعرف تلك المرحلة بمرحلة الكفاية adequate zone. وباستمرار زيادة تركيز العنصر فى النبات يصبح سامًا، ، ويبدأ معدل النمو فى التدهور التدريجى إلى أن يموت النبات، وتعرف تلك المرحلة باسم مرحلة التسمم toxic zone.

ويبين جدولا (١٧-٩)، و (١٧-١٠) مستوى الكفاية الحرج من مختلف العناصر المغذية فى محاصيل الخضر، وجدول (١٧-١١) المدى المناسب لعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم فى مراحل النمو المختلفة لعدد من محاصيل الخضر بطريقتى التقدير فى عصير أعناق الأوراق (فى النسغ النباتى) وتحليل الأوراق.

جدول (١٧-٩): مستوى الكفاية الحرج من مختلف العناصر المغذية فى محاصيل الخضر[أ] (عن Warncke وآخرين ١٩٩٢)

العنصر	العناصر الكبرى (٪)						العناصر الصغرى (ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
أسبرجس	٢,٥	٠,٢٥	١,٥	٠,٦	٠,٢٥	--	٤٠	٥	٤٠	٢٥	٢٠
فاصوليا	٥,٠	٠,٣٥	٢,٣	١,٥	٠,٣٠	--	٢٠	٧	٥٠	٥٠	٢٠
بروكولى	٣,٢	٠,٣٠	٢,٠	١,٠	٠,٢٥	٠,٣	٣٠	٥	٧٠	٢٥	٣٥
كرنب	٣,٦	٠,٣٣	٣,٠	١,١	٠,٤٠	٠,٣	٢٥	٥	٣٠	٢٥	٢٠
جزر	٢,١	٠,٢٠	٢,٨	١,٤	٠,٣٠	--	٣٠	٥	٥٠	٦٠	٢٥
قنبيط	٣,٣	٠,٣٣	٢,٦	٢,٠	٠,٢٧	--	٣٠	٤	٣٠	٢٥	٢٠
كرفس	١,٦	٠,٣٠	٧,٥	٢,٢	٠,٢٥	--	٢٥	٥	٣٠	١٠	٢٥
خيار	٤,٥	٠,٣٤	٣,٩	١,٤	٠,٣٠	٠,٤	٢٥	٤	٣٠	٥٠	٢٥
خس	٣,٨	٠,٤٥	٦,٠	١,٥	٠,٣٦	--	٢٥	٧	٥٠	٢٥	٢٥
كنتالوب	٤,٥	٠,٣٠	٤,٠	٢,٣	٠,٣٥	٠,٢٥	٢٥	٧	٥٠	٥٠	٢٠
بصل	٤,٥	٠,٣٠	٣,٥	١,٥	٠,٢٥	٠,٥	٢٥	١٥	٦٠	٥٠	٢٥
بسلة	٤,٠	٠,٣٠	٢,٠	١,٢	٠,٣٠	--	٢٥	٧	٥٠	٣٠	٢٥
فلفل	٤,٠	٠,٣٥	٤,٠	١,٠	٠,٣٠	--	٢٥	٦	٦٠	٥٠	٢٠
بطاطس	٣,٠	٠,٢٥	٦,٠	١,٥	٠,٧٠	--	٤٠	٧	٤٠	٣٠	٣٠
كوسة	٤,٠	٠,٣٠	٣,٠	١,٢	٠,٣٠	--	٢٥	١٠	٥٠	٥٠	٢٠
أذرة سكرية	٤,٠	٠,٦٠	٣,٥	٠,٥	٠,٢٠	٠,٢١	٨	٥	٥٠	٣٠	٢٠
طماطم	٤,٠	٠,٢٥	٢,٩	١,٠	٠,٤٠	٠,٤٠	٢٥	٥	٤٠	٤٠	٢٠

(أ) التحليل خاص بأصغر الأوراق المكتملة النمو باستثناء الكرفس الذى فيه التحليل لأصغر أعناق الأوراق المكتملة النمو. يُعنى بمستوى الكفاية الحرج ذلك الذى إذا انخفض عنه يصبح فى مستوى النقص، إلاّ أن القيمة الحرجة قد تتباين اعتماداً على مرحلة النمو النباتى.

جدول (١٧–١٠): المستوى المناسب من مختلف العناصر فى عدد من محاصيل الخضر (Marr ١٩٩٣)

العنصر	الكنتالوب	الخيار	الباذنجان	الفلفل	الكوسة	الطماطم	البطيخ
(٪)							
النيتروجين	٤,٠٠–٢,٠٠	٦,٠–٥,٠	٦,٠٠–٤,٠٠	٥,٥٠–٥,٠٠	٦,٠٠–٤,٠٠	٥,٠٠–٣,٥٠	٤,٥٠–٢,٥٠
الفوسفور	٠,٤٠–٠,٢٥	١,٠–٠,٣	١,٠–٠,٣	٠,٤٥–٠,٣٥	١,٠٠–٠,٢٥	٠,٤٥–٠,٣٥	٠,٧٥–٠,٢٥
البوتاسيوم	٤,٠٠–١,٨٠	٥,٠–٤,٠	٥,٠–٣,٥	٦,٠٠–٤,٥٠	٥,٠٠–٣,٠	٥,٠٠–٣,٥٠	٣,٥٠–٢,٢٥
الكالسيوم	٧,٠٠–١,٨٠	٣,٥–١,٢	٢,٥–١,٠	١,٥٠–١,٠٠	٢,٥–١,٠٠	١,٥٠–١,٠٠	١,٥٠–١,١٠
المغنيسيوم	١,٥٠–٠,٥٠	١,٠٠–٠,٣٠	١,٠–٠,٣	٠,٨٠–٠,٣٠	١,٠٠–٠,٣٠	٠,٨٠–٠,٣٠	٠,٨٠–٠,٢٥
الكبريت	٠,٦٠–٠,٢٠	٠,٨–٠,٢	٠,٨–٠,٢	٠,٤٠–٠,١٥	٠,٧٥–٠,٢٠	٠,٤٠–٠,٢٠	٠,٧٥–٠,٢٠
(جزء فى المليون)							
البورون	٦٠–٢٠	٧٥–٢٥	٧٥–٢٥	٩٥–٢٥	٧٥–٢٥	١٠٠–٣٠	٧٥–٣٠
الحديد	٢٠٠–٤٠	٢٠٠–٥٠	٢٠٠–٥٠	٢٠٠–٤٠	٢٠٠–٤٠	٢٠٠–٤٥	٢٠٠–٤٠
المنجنيز	٢٠٠–٢٠	٢٠٠–٢٥	٢٠٠–٢٥	٢٠٠–٢٠	٢٠٠–٢٥	٢٠٠–٢٠	٢٠٠–٢٥
الزنك	٦٠–٢٠	٧٥–٢٠	٧٥–٢٠	٦٠–٢٠	٧٥–٢٠	٦٠–٢٠	٢٠٠–٧٥
النحاس	٢٥–٤	٣٥–٥	٣٥–٥	٣٥–٥	٣٥–٥	٣٥–٥	١٥–٤

جدول (١٧–١١): المدى المناسب للنيتروجين والبوتاسيوم فى مراحل النمو المختلفة لعدد من محاصيل الخضر بطريقتى التقدير فى عصير الأعناق[أ] وتحليل الأوراق (Hartz & Hochmuth ٢٠١٠).

المحصول	مرحلة النمو	تركيز العنصر فى عصير الأعناق (مجم/لتر)		تحليل الورقة الكاملة (جم/كجم وزن جاف)	
		النتروجين النتراتى	K	N	K
البروكولى والكولارد	الورقة الحقيقية السادسة	١٠٠٠–٨٠٠		٥٠–٣٥	٤٥–٣٥
	قبل الحصاد الأول مباشرة	٨٠٠–٥٠٠		٤٥–٣٠	٤٠–١٥
	عند أول حصاد	٥٠٠–٣٠٠		٤٠–٣٠	٤٠–١٥
الخيار	مع بداية ظهور البراعم	١٠٠٠–٨٠٠		٥٠–٤٠	٣٠–٢٠
	الثمار الأولى بطول ٨ سم	٨٠٠–٦٠٠		٥٠–٢٥	٣٠–٢٠
	بداية الحصاد	٦٠٠–٤٠٠		٣٥–٢٥	٢٥–١٥
الباذنجان	الثمار الأولى (بطول ٥ سم)	١٦٠٠–١٢٠٠	٥٠٠٠–٤٥٠٠	٥٥–٤٥	٦٠–٤٥
	بداية الحصاد	١٢٠٠–١٠٠٠	٤٥٠٠–٤٠٠٠	٥٠–٤٥	٥٠–٣٥
	منتصف موسم الحصاد	١٠٠٠–٨٠٠	٤٠٠٠–٣٥٠٠	٤٥–٣٥	٤٠–٣٠

تابع (١٧–١١).

المحصول	مرحلة النمو	تركيز العنصر فى عصير الأعناق (مجم/لتر)		تحلل الورقة الكاملة (جم/كجم وزن جاف)	
		النتروجين النتراتى	K	N	K
الكنتالوب	بداية ظهور البراعم الزهرية	١٢٠٠–١٠٠٠		٥٠–٤٥	٦٠–٥٠
	الثمار الأولى بطول ٥ سم	١٠٠٠–٨٠٠		٥٠–٤٠	٥٠–٤٥
	بداية الحصاد	٨٠٠–٧٠٠		٤٥–٣٥	٤٠–٢٠
الفلفل	بداية ظهور البراعم الزهرية	١٦٠٠–١٤٠٠	٣٥٠٠–٣٢٠٠	٥٠–٤٥	٦٠–٥٠
	تفتح الأزهار الأولى	١٦٠٠–١٤٠٠	٣٢٠٠–٣٠٠٠	٤٥–٤٠	٥٠–٤٥
	منتصف نمو الثمار الأولى	١٤٠٠–١٢٠٠	٣٢٠٠–٣٠٠٠	٤٥–٤٠	٥٠–٤٠
	بداية الحصاد	١٠٠٠–٨٠٠	٣٠٠٠–٢٤٠٠	٤٠–٣٥	٤٥–٣٥
	الجمعة الثانية	٨٠٠–٥٠٠	٢٤٠٠–٢٠٠٠	٣٠–٢٥	٤٠–٣٠
البطاطس	النباتات بطول ٢٠ سم	١٤٠٠–١٢٠٠	٥٠٠٠–٤٥٠٠	٦٠–٣٠	٦٠–٣٥
	تفتح الأزهار الأولى	١٤٠٠–١٠٠٠	٥٠٠٠–٤٥٠٠	٤٠–٣٠	٥٠–٣٠
	تفتح ٥٠٪ من الأزهار	١٢٠٠–١٠٠٠	٤٥٠٠–٤٠٠٠	٤٠–٣٠	٤٠–٣٠
	تفتح كل الأزهار	١٢٠٠–٩٠٠	٤٠٠٠–٣٥٠٠	٤٠–٢٥	٤٠–٢٥
	تدلى النموات الخضرية	٩٠٠–٦٠٠	٣٠٠٠–٢٥٠٠	٣٠–٢٠	٣٠–١٥
الكوسة	بداية الأزهار	١٠٠٠–٩٠٠		٥٠–٣٠	٥٠–٣٠
	بداية الحصاد	٩٠٠–٨٠٠		٥٠–٣٠	٣٠–٢٠
الطماطم (حقلى)	بداية ظهور البراعم الزهرية	١٢٠٠–١٠٠٠	٤٠٠٠–٣٥٠٠	٥٠–٣٠	٥٠–٤٠
	بداية تفتح الأزهار	٨٠٠–٦٠٠	٤٠٠٠–٣٥٠٠	٤٠–٣٥	٤٠–٣٥
	الثمار الأولى بقطر ٢ سم	٦٠٠–٤٠٠	٣٥٠٠–٣٠٠٠	٤٠–٣٥	٤٠–٣٥
	الثمار الأولى بقطر ٥ سم	٦٠٠–٤٠٠	٣٥٠٠–٣٠٠٠	٤٠–٣٠	٤٠–٣٠
	بداية الحصاد	٤٠٠–٣٠٠	٣٠٠٠–٢٥٠٠	٣٥–٢٥	٣٥–٢٥
	الجمعة الثانية	٤٠٠–٢٠٠	٢٥٠٠–٢٠٠٠	٣٥–٢٠	٣٠–٢٠
الطماطم (صوبات)	من الشتل حتى العنقود الثانى	١٢٠٠–١٠٠٠	٥٠٠٠–٤٥٠٠	٦٠–٤٠	٥٠–٤٠
	من العنقود الثانى إلى الخامس	١٠٠٠–٨٠٠	٥٠٠٠–٤٠٠٠	٥٠–٤٠	٤٠–٣٥
	موسم الحصاد (ديسمبر–يونية)	٩٠٠–٧٠٠	٤٠٠٠–٣٥٠٠	٤٠–٣٥	٣٥–٢٥
البطيخ	النباتات بطول ١٥ سم	١٥٠٠–١٢٠٠	٥٠٠٠–٤٠٠٠	٦٠–٥٠	٥٠–٤٠
	الثمار الأولى بطول ٥ سم	١٢٠٠–١٠٠٠	٥٠٠٠–٤٠٠٠	٥٠–٤٠	٤٠–٣٥
	الثمار نصف مكتملة النمو	١٠٠٠–٨٠٠	٤٠٠٠–٣٥٠٠	٤٠–٣٥	٣٥–٢٥
	بداية الحصاد	٨٠٠–٦٠٠	٣٥٠٠–٣٠٠٠	٤٠–٣٠	٣٠–٢٠

(أ) يُعنى بعصير أعناق الأوراق السائل الذى يجرى فى أوعيتها الذى يبرز من مكان قطع العنق عند الضغط الخفيف عليه، وهو الذى يعرف فى اللغة باسم النسُغ.

هذا .. ويجب عند إجراء اختبار تقدير النترات والبوتاسيوم فى أعناق الأوراق الحذر من غسيل تلك الأعناق أو تقطيعها لأن ذلك يُحدث خفضًا جوهريًا فى التقديرات. حتى ولو كان الغسيل لمدة ٣٠ ثانية وبالماء المقطر. ثبت ذلك من واقع دراسة أجريت على كل من الكنتالوب والفلفل والطماطم (Farneselli وآخرون ٢٠٠٦).

استخدام قراءة الكلوروفيل فى تعرف مستوى النيتروجين بالأوراق

وجدِ ارتباط معنوى بين قراءة الكلوروفيل باستعمال جهز قياس الكلوروفيل SPAD-502، ومحتوى الأوراق من النيتروجين فى الطماطم (r= ٠,٤٧٠ عند مستوى احتمال ٠,٠١)، وكانت معادلة الانحدار كما يلى:

$$y = 1.42 + 0.048x$$

حيث إن:

y = محتوى الأوراق من النيتروجين.

x = قراءة الكلوروفيل بالجهاز.

وفى الخيار كان الارتباط بين الصفتين معنويًا لذلك (r = ٠,٧٨٦ عند مستوى احتمال ٠,٠٠١)، وكانت معادل الانحدار كما يلى:

$$y = -7.52 + 0.280x$$

ويمكن استخدام المعادلتين فى مراقبة محتوى الأوراق من النيتروجين فى الطماطم والخيار، على التوالى (Guler & Buyuk ٢٠٠٧).

كميات العناصر التى تمتصها محاصيل الخضر

يمكن من معرفة كميات العناصر التى تمتصها محاصيل الخضر لإنتاج محصول جيد، ومن معرفة ما يتوفر من تلك العناصر فى التربة، التوصل إلى الاحتياجات السمادية لتلك الخضر. ويبين جدول (١٧-١٢) كميات العناصر الأولية (النيتروجين والفوسفور، والبوتاسيوم) التى تمتصها محاصيل الخضر من التربة.

جدول (١٧-١٢): كميات العناصر الأولية التى تمتصها محاصيل الخضر من التربة (كجم/فدان).

الخضر والمحصول (بالطن للفدان)	النيتروجين N	البوتاسيوم K_2O	الفوسفور P_2O_5
الأسبرجس (١,٥)	١٠	٣	٧,٥
الفاصوليا الخضراء (٤,٠)	٢٠	٩	٢٠
البروكولى (٥,٠)	١٠	٢,٥	٢٧
الكرنب (٢٠,٠)	٧٠	١٦	٧٠
الجزر (١٧,٥)	٣٥	١٦	٦٠
القنبيط (٨,٠)	٢٧	١٠,٥	٢٧
الكرفس (٣٠,٠)	٧٥	٣٠	٢٤٠
الخيار (١٠,٠)	١٠	٦	١٨
الخس (٢٠,٠)	٥٠	٢٠	٩٠
الكنتالوب (٩,٠)	٣٧	٩	٥٠
البصل (٢٠,٠)	٥٠	٢٥	٤٧
البسلة (١,٥)	١٥	٣,٥	٧,٥
الفلفل (١٢,٥)	٢٥	٩	٣٥
القرع العسلى (٢٠,٠)	٩٠	١١	٦٧
الذرة السكرية (٩,٠)	٣٧	١٢,٥	٢٥
الكوسة (١٥,٠)	٢٧	١٢	٥٠
الطماطم (٣٠,٠)	٦٠	١٢,٥	١٠٥

المصدر: Warncke وآخرون (١٩٩٢).

معدلات تسميد الخضر

التسميد بالعناصر الكبرى

يبين جدول (١٧-١٣) معدلات التسميد الموصى بها لمحاصيل الخضر فى الأراضى السوداء.

وتتباين الحاجة إلى التسميد بالفوسفور حسب المحصول ومدى توفر العنصر فى التربة حسبما هو مبين فى جدول (١٧-١٤) (عن Warncke وآخرين ١٩٩٢).

جدول (١٧-١٣): معدلات التسميد الآزوتى الموصى بها (كجم/فدان) فى الأراضى السوداء (عن Warncke وآخرين ١٩٩٢).

المحصول	المعدل	المحصول	المعدل	المحصول	المعدل
أسبرجس — مزرعة قديمة	٢٥	سلق	٥٠	فجل	٢٥
– مزرعة جديدة	٤٠	فجل حصان	٥٠	روبارب	٥٠
– مزرعة إنتاج تيجان	٤٠	خس رؤوس	٦٠	روتاباجا	٥٠
فاصوليا	٢٠	خس أوراق	٤٠	سبانخ	٥٠
بروكولى	٧٠	كنتالوب	٥٠	كوسة	٤٠
كرنب بروكسل	٧٠	بصل أبصال	٩٠	أذرة سكرية	٦٠
كرنب	٧٠	بصل أخضر	٧٠	بطاطا	٣٠
جزر	٥٠	بقدونس	٥٠	سلق سويسرى	٥٠
قنبيط	٧٠	جزر أبيض	٥٠	بنجر	٥٠
كرفس	٩٠	بسلة	٢٠	طماطم — استهلاك طازج	٦٠
خيار سلاطة	٤٠	فلفل	٥٠	طماطم تصنيع	٤٠
خيار تخليل	٣٠	بطاطس	٩٠	لفت	٤٠
باذنجان	٥٠	قرع عسلى	٤٠	بطيخ	٤٥
هندباء	٥٠				

جدول (١٧-١٤): حاجة محاصيل الخضر إلى التسميد بالفوسفور.

مدى توفر الفوسفور فى التربة (كجم/فدان)	مدى حاجة المحاصيل (كجم P_2O/فدان) ذات الاحتياجات			
	المنخفضة[أ]	المتوسطة[ب]	العالية[جـ]	العالية جداً[د]
١٥	٥٥	٧٥	٩٥	١١٥
٢٥	٤٥	٦٥	٨٠	١٠٠
٣٥	٣٠	٥٠	٧٠	٩٠
٤٥	٢٠	٤٠	٥٥	٧٥
٥٥	٥	٢٥	٤٥	٦٥
٦٥	صفر	١٥	٣٠	٥٠

تابع جدول (١٧-١٤).

مدى توفر الفوسفور في التربة (كجم/فدان)	مدى حاجة المحاصيل (كجم P_2O/فدان) ذات الاحتياجات			
	المنخفضة[أ]	المتوسطة[ب]	العالية[جـ]	العالية جداً[د]
٧٥	صفر	صفر	٢٠	٤٠
٨٥	صفر	صفر	٥	٢٥
٩٥	صفر	صفر	صفر	١٥
١٠٥	صفر	صفر	صفر	صفر

(أ) تتضمن المحاصيل ذات الاحتياجات المنخفضة من العنصر (ومحصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

الأسبرجس القديم (٢) فاصوليا الليما (٢) البسلة (٣)
الفاصوليا الخضراء (٤) اللفت (١٥) السلق (٦)

(ب) تتضمن المحاصيل ذات الاحتياجات المتوسطة من العنصر (ومحصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

الجزر (١٥) الهندباء (١٥) الخس (٢٠)
الجزر الأبيض (١٣) القرع العسلى (٢٠) الفجل (٤)
الروتاباجا (١٨) السبانخ (٦) الذرة السكرية (١٠)
البطاطا (١٠) الكوسة (١٥)

(جـ) تتضمن المحاصيل ذات الاحتياجات العالية من العنصر (ومحصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

الأسبرجس مزرعة حديثة (١) البروكولى (٤) كرنب بروكسل (٥)
الكرنب (٢٠) القنبيط (٨) الخيار (١٥)
الباذنجان (١٠) فجل الحصان (٤) الكنتالوب (٩)
الفلفل (١٠) الروبارب (١٥) السلق السويسرى (٨)
البنجر (١٣) البطيخ (١١)

(د) تتضمن المحاصيل ذات الاحتياجات العالية جدًا من العنصر (محصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

الكرفس (٣٠) البصل (٢٠) الطماطم (٣٠)

هذا .. ويمكن تحديد احتياجات كل محصول من الـ P_2O_5 بالكيلوجرام للفدان حسب شدة حاجته للعنصر (كما هو موضح فى تذييل جدول (١٧-١٤)، وحسب مدى توفر الفوسفور فى التربة، بالمعادلات التالية (علمًا بأن ST فى المعادلات = محتوى التربة من الفوسفور بالكيلوجرام/فدان):

١- محاصيل ذات الاحتياجات المنخفضة من العنصر:

$$P_2O_5 = (150 - 1.25 \times 2ST) \times 0.454$$

٢- امحاصيل ذات الاحتياجات المتوسطة من العنصر:

$$P_2O_5 = (188 - 1.25 \times 2ST) \times 0.454$$

٣- المحاصيل ذات الاحتياجات العالية من العنصر:

$$P_2O_5 = (225 - 1.25 \times 2ST) \times 0.454$$

٤- المحاصيل ذات الاحتياجات العالية جدًّا من العنصر:

$$P_2O_5 = (263 - 1.25 \times 2ST) \times 0.454$$

كذلك تتباين الحاجة إلى التسميد بالبوتاسيوم حسب المحصول، ومدى توفر العنصر في التربة، وحسب قوام التربة كما هو مبين في جدول (١٧-١٥) (عن Warncke وآخرين ١٩٩٢)

جدول (١٧-١٥): حاجة محاصيل الخضر إلى التسميد بالبوتاسيوم في الأراضي الرملية والخفيفة[أ].

مدى توفر البوتاس	مدى حاجة المحاصيل (كجم K_2O/فدان) ذات الاحتياجات			
في التربة (كجم K_2O /فدان)	المنخفضة[ب]	المتوسطة[جـ]	العالية[د]	العالية جداً[هـ]
٣٧	٨٠	١٠٠	١٢٥	١٤٥
٥٠	٦٥	٩٠	١١٠	١٣٥
٦٢	٥٥	٨٠	١٠٠	١٢٥
٧٥	٤٥	٦٥	٩٠	١١٠
٨٧	٣٥	٥٥	٨٠	١٠٠
١٠٠	٢٠	٤٥	٦٥	٩٠
١١٢	١٠	٣٥	٥٥	٨٠
١٢٥	صفر	٢٠	٤٥	٦٥
١٣٧	صفر	١٠	٣٥	٥٥
١٥٠	صفر	صفر	٢٠	٤٥
١٦٢	صفر	صفر	١٠	٣٥
١٧٥	صفر	صفر	صفر	٢٠

تابع جدول (١٧-١٥).

مدى توفر البوتاس	مدى حاجة المحاصيل (كجم K_2O/فدان) ذات الاحتياجات			
فى التربة (كجم K_2O /فدان)	المنخفضة[ب]	المتوسطة[جـ]	العالية [د]	العالية جداً[هـ]
١٨٧	صفر	صفر	صفر	١٠
٢٠٠	صفر	صفر	صفر	صفر

(أ) تقل كميات البوتاسالتى تلزم للتسميد بها فى الأراضى لمتوسطة القوام والثقيلة - قليلاً - عن تلك المبينة فى الجدول، وذلك لزيادة قدرة تللأراضى على الاحتفاظ بأيون البوتاسيوم؛ فلا يفقد مع ماء الصرف بالمعدلات العالية - نسبيًّا -التى يفقد بها فى فى الأراضى الرملية والخفيفة.

(ب) تتضمن المحاصيل ذات الاحتياجات المنخفضة من العنصر (ومحصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

الأسبرجس القديم (٢) - فاصوليا الليما (٢) - الفاصوليا العادية (٣)
البسلة (٣) - القرع العسلى (٢٠) - الفجل (٤)
الكوسة (١٥) - اللفت (١٥) - السلق (٦)

(جـ) تتضمن المحاصيل ذاتالاحتياجات المتوسطة من العنصر (ومحصولها بلطن للفدان)، ما يلى:

الأسبرجس الحديث (١) - جزرالاستهلاك الطازج (١٥) - جزر التصنيع (٣٥)
الهندباء (١٥) - خس الرؤوس (٢٠) - الخس الورقى (١٣)
البصل الأخضر (١٠) - الذرة السكرية (١٠)

(د) تتضمن المحاصيل ذاتالاحتياجات العالية من العنصر (ومحصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

كرنب الاستهلاك الطازج (٢٠) - كرنب التصنيع (٣٥) - الخيار (١٥)
الباذنجان (١٠) - فجل الحصان (٤) - الكنتالوب (٩)
بصل الرؤوس (٢٠) - الجزر الأبيض (١٣) - الفلفل (١٠)
الروبارب (١٥) - الروتاباجا (١٨) - السبانخ (٦)
البطاطا (١٠) - السلق السويسرى (٨) - البنجر (١٣)
البطيخ (١١)

(هـ) تتضمن المحاصيل ذاتالاحتياجات العالية جدًّامن العنصر (ومحصولها بالطن للفدان)، ما يلى:

البروكولى (٤) - كرنب بروكسل (٥) - القنبيط (٨)
الكرفس (٣٠) - الطماطم (٣٠)

هذا ويمكن تحديد احتياجات كل محصول من الـ K_2O بـالكيلوجرام للفـدان حسـب شدة حاجته للعنصر (كما هو موضح فـى تـذييل جـدول ١٧-١٥)، وحسـب مـدى تـوفر البوتاسيوم فى التربة بالمعادلات التالية بالنسبة للأراضى الرملية والخفيفة (علمًا بأن ST فى المعادلات = محتوى التربة من البوتاسيوم بالكيلوجرام/فدان):

١- المحاصيل ذات الاحتياجات المنخفضة من العنصر:

$$K_2O = (225 - 0.90 \times 2ST) \times 0.454$$

٢- المحاصيل ذات الاحتياجات المتوسطة من العنصر:

$$K_2O = (270 - 0.90 \times 2ST) \times 0.454$$

٣- المحاصيل ذات الاحتياجات العالية من العنصر:

$$K_2O = (315 - 0.90 \times 2ST) \times 0.454$$

٤- المحاصيل ذات الاحتياجات العالية جدًّا من العنصر:

$$K_2O = (360 - 0.90 \times 2ST) \times 0.454$$

هذا .. مع العلم بأنه فى الأراضى المتوسطة القوام والثقيلة تحل الثوابت: 225، و 275، و 325، و 375 محل الثوابت: 225، و 270، و 315، و 360 فى المعادلات الأربع السابقة، على التوالى.

وبالنسبة للتسميد بالكالسيوم، فإن توفر الكالسيوم المتبادل يرتبط إيجابيًّا مع محتوى التربة من الطين؛ بما يعنى أن التربة الرملية تكون هى الأقل محتوى من الكالسيوم المتبادل.

وتستفيد محاصيل الخضر التى تنمو فى تربة ينخفض محتواها من الكالسيوم عن ٢٥٠ كجم/فدان من التسميد بالكالسيوم (Warncke وآخرون ١٩٩٢).

ويرتبط — عادة — ظهور العيوب الفسيولوجية التى يُحدثها نقص الكالسيوم بعدم قدرة النبات على نقل قدر كافٍ من العنصر إلى الجزء المتأثر من النبات. ومن أمثلة تلك العيوب: القلب الأسود فى الكرفس، واحتراق حواف الأوراق فى الخس والبصل والفينوكيا والكرنب الصينى والكرنب، وتعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل.

ويمكن تصحيح نقص الكالسيوم فى الخضر بعدة طرق. وأحد مصادر هذا النقص صغر الحيز التى تنمو فيه الجذور النباتية فى المزارع اللاأرضية للخضر الورقية، إلاّ أن ذلك العامل يقلل من ظهور حالة تعفن الطرف الزهرى فى ثمار الفلفل. كما يمكن تجنب حالة نقص الكالسيوم باستخدام مستويات معقولة من النيتروجين فى المحاليل المغذية. ومن المعلوم أن الكاتيونات تقلل من امتصاص الكالسيوم وتوزيعه فى النبات، بينما تقلل

الأنيونات من ظهور حالة احتراق حواف الأوراق فى الخس. كذلك يمكن تجنب نقص الكالسيوم باستعمال المستوى الموصى به من الملوحة لكل محصول؛ فالملوحة العالية جدًّا تزيد من ظهور أعراض نقص الكالسيوم على النباتات. ويعمل الرى على منع ظهور أعراض نقص الكالسيوم فى الزراعات الحقلية؛ حيث يؤدى توفير مستوى مناسب من الرطوبة الأرضية إلى تحفيز حركة الكالسيوم إلى الجذور ثم امتصاصه.

ويؤدى انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا إلى زيادة محتوى الكالسيوم بالأوراق فى الخضر الورقية ذات القمة النامية المفتوحة، ولكن تلك الظروف تعمل على خفض محتوى الكالسيوم بالثمار وبالأوراق الداخلية بالخضر الورقية ذات القمة النامية المغلقة.

ويعمل تجنب التعرض لفترة طويلة من الإضاءة الإضافية فى الزراعات المحمية (فى المناطق الشمالية شتاءً)، وتجنب شدة الإضاءة العالية، وتجنب استعمال لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى. ويعمل ذلك على منع أضرار نقص الكالسيوم. وقد يؤثر التظليل على حالة تعفن الطرف الزهرى بخفضه لظهور الأعراض. ويؤدى نمو النباتات فى ظروف الأشعة تحت الحمراء إلى مزيد من المنع لظهور أعراض نقص الكالسيوم.

ويؤدى تجنب التعرض لحرارة عالية أو منخفضة إلى منع ظهور أعراض نقص الكالسيوم. وتؤدى زيادة حرارة الليل عن حرارة النهار إلى تقليل ظهور أعراض احتراق حواف الأوراق فى الخس، لكن ذلك أمر يصعب تحقيقه.

وتساعد زيادة حركة الهواء حول الأجزاء التى تتأثر بأعراض نقص الكالسيوم على تجنب ظهور تلك الأعراض.

لذلك يفيد الرش بالكالسيوم فى منع ظهور العيوب الفسيولوجية التى يُحدثها نقص الكالسيوم.

ويمكن استخدام أغطية التربة فى حماية النباتات من أعراض نقص الكالسيوم.

ويمكن أن تفيد المعاملة بمنظم النمو كلتار Cultar (وهو paclobutrazol مثبط لتمثيل الجبريللين) فى الحد من ظهور الأعراض الفسيولوجية لنقص الكالسيوم.

التسميد بالعناصر الصغرى

يبين جدول (١٧-١٦) الاستجابة النسبية لبعض محاصيل الخضر للتسميد بالعناصر الدقيقة عندما ينخفض محتوى التربة منها.

جدول (١٧-١٦): الاستجابة النسبية لبعض محاصيل الخضر للتسميد بالعناصر الدقيقة عندما ينخفض محتوى التربة منها (Warncke وآخرون ١٩٩٢).

الخضر	المنجنيز	البورون	النحاس	الزنك	الموليبدنم	الحديد
الأسبرجس	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة	متوسطة
الفاصوليا الخضراء	عالية	منخفضة	منخفضة	عالية	متوسطة	عالية
البروكولى	متوسطة	عالية	متوسطة	—	عالية	عالية
الكرنب	متوسطة	متوسطة	متوسطة	منخفضة	متوسطة	متوسطة
الجزر	متوسطة	متوسطة	متوسطة	منخفضة	منخفضة	—
القنبيط	متوسطة	عالية	متوسطة	—	عالية	عالية
الكرفس	متوسطة	عالية	متوسطة	—	منخفضة	—
الذرة السكرية	متوسطة	منخفضة	متوسطة	عالية	منخفضة	متوسطة
الخس	عالية	متوسطة	عالية	متوسطة	عالية	—
البصل	عالية	منخفضة	عالية	عالية	عالية	—
الجزر الأبيض	متوسطة	متوسطة	متوسطة	—	منخفضة	—
البسلة	عالية	منخفضة	منخفضة	منخفضة	متوسطة	—
الفلفل	متوسطة	منخفضة	منخفضة	—	متوسطة	—
البطاطس	عالية	منخفضة	منخفضة	متوسطة	منخفضة	—
الفجل	عالية	متوسطة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	—
الروتاباجا	متوسطة	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة	—
السبانخ	عالية	متوسطة	عالية	عالية	عالية	عالية
البنجر	عالية	عالية	عالية	متوسطة	عالية	عالية
الطماطم	متوسطة	متوسطة	عالية	متوسطة	متوسطة	عالية
اللفت	متوسطة	عالية	متوسطة	—	متوسطة	—
النعناع	متوسطة	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة

برامج التسميد

نعرض فى جدول (١٧-١٧) برنامج الفرتجة الموصى به لبعض محاصيل الخضر فى ولاية فلوريدا الأمريكية، وفى جداول (١٧-١٨)، و (١٧-١٩)، و (١٧-٢٠) مقترحات لتسميد الطماطم والفلفل والكنتالوب — على التوالى — بالنيتروجين والبوتاسيوم مع ماء الرى بالتنقيط. أما جدول (١٧-٢١) فيبين معدلات التسميد الورقى الموصى بها لمحاصيل الخضر.

جدول (١٧-١٧): برنامج الفرتجة لمحاصيل الخضر، كما يوصى به فى ولاية فلوريدا الأمريكية (Hartz & Hochmuth ٢٠١٠).

المحصول	طريقة الزراعة[أ]	عرض المصاطب (م)	كمية العنصر السمادى (كجم/فدان)[ب] N	K	تطور النمو المرحلة	الأسابيع	معدل الحقن (كجم/فدان/يوم) N	K
الكنتالوب	بالشتل	١,٥	٥٥	٤٦	١	٢	٠,٥	٠,٤
					٢	٣	٠,٧	٠,٦
					٣	٣	٠,٩	٠,٨
					٤	٢	٠,٧	٠,٦
					٥	٢	٠,٥	٠,٤
الخيار	بالبذرة	١,٥	٥٥	٤٦	١	١	٠,٥	٠,٤
					٢	٢	٠,٧	٠,٦
					٣	٦	٠,٩	٠,٨
					٤	١	٠,٧	٠,٦
الباذنجان	بالشتل	١,٨	٥٥	٤٦	١	٢	٠,٥	٠,٤
					٢	٢	٠,٧	٠,٦
					٣	٦	٠,٩	٠,٨
					٤	٣	٠,٧	٠,٦
الفلفل	بالشتل	١,٨	٧٦	٦٣	١	٢	٠,٥	٠,٤
					٢	٣	٠,٧	٠,٦
					٣	٧	٠,٩	٠,٨
					٤	١	٠,٧	٠,٦
					٥	١	٠,٥	٠,٤

تابع جدول (١٧-١٧).

المحصول	طريقة الزراعة[أ]	عرض المصاطب (م)	كمية العنصر السمادى (كجم/فدان)[ب] N	K	تطور النمو المرحلة	الأسابيع	معدل الحقن (كجم/فدان/يوم) N	K
الطماطم	بالشتل	١,٨	٧٦	٦٣	١	٢	٠,٥	٠,٤
					٢	٣	٠,٧	٠,٤
					٣	٧	٠,٩	٠,٦
					٤	١	٠,٧	٠,٨
					٥	١	٠,٥	٠,٦
الكوسة	بالبذرة	١,٥	٥٥	٤٦	١	٢	٠,٥	٠,٤
					٢	٢	٠,٧	٠,٦
					٣	٢	٠,٩	٠,٨
					٤	٥	٠,٧	٠,٦
					٥	١	٠,٥	٠,٤
البطيخ	بالبذرة	٢,٤	٥٥	٤٦	١	٤	٠,٥	٠,٤
					٢	٢	٠,٧	٠,٦
					٣	٢	٠,٩	٠,٨
					٤	٣	٠,٧	٠,٦
					٥	٢	٠,٥	٠,٤

(أ) تؤدى الزراعة بالشتل إلى نقص فترة النمو فى الحقل -ومن ثم أسابيع الحقن- بنحو ١٠-٢٥ يومًا حسب عمر الشتلات عند الزراعة.

(أ) تتضمن هذه الكميات تلك التى تضاف قبل الزراعة، وتحسب كمية البوتاس K_2O بقسمة كمية البوتاسيوم K على ٠,٨٣.

جدول (١٧-١٨): مقترح لتسميد الطماطم بالنيتروجين والبوتاسيوم مع ماء الرى بالتنقيط بالكيلوجرام للفدان (عن Marr ١٩٩٣).

الأيام بعد الشتل	النيتروجين اليومى	K_2O اليومى	النيتروجين الكلى	K_2O الكلى
قبل الزراعة	—	—	٢٥,٠	٥٠,٠
صفر-٧	٠,٢٥	٠,٥	٢٦,٧٥	٥٣,٥

تابع جدول (١٧-١٨).

الأيام بعد الشتل	النيتروجين اليومى	K_2O اليومى	النيتروجين الكلى	K_2O الكلى
٨-١٤	٠,٢٥	٠,٥	٢٨,٥٠	٥٧,٠
١٥-٢١	٠,٢٥	٠,٥	٣٠,٧٥	٦٠,٥
٢٢-٢٨	٠,٣٥	٠,٧	٣٣,٢	٦٥,٤
٢٩-٣٥	٠,٣٥	٠,٧	٣٥,٦٥	٧٠,٣
٣٦-٤٢	٠,٣٥	٠,٧	٣٨,١	٧٥,٢
٤٣-٤٩	٠,٣٥	٠,٧	٤٠,٥٥	٨٠,١
٥٠-٥٦	٠,٥	١,٠	٤٤,٠٥	٨٧,١
٥٧-٦٣	٠,٥	١,٠	٤٧,٥٥	٩٤,١
٦٤-٧٠	٠,٥	١,٠	٥١,٠٥	١٠١,١
٧١-٧٧	٠,٥٥	١,١	٥٤,٩	١٠٨,٨
٧٨-٨٤	٠,٥٥	١,١	٥٨,٧٥	١١٦,٥
٨٥-٩١	٠,٥٥	١,١	٦٢,٦	١٢٤,١
٩٢-٩٨	٠,٥	١,٠	٦٦,١	١٣١,٢
٩٩-١٠٥	٠,٥	١,٠	٦٩,٦	١٣٨,٢
١٠٦-١١٢	٠,٥	١,٠	٧٣,١	١٤٥,٢

جدول (١٧-١٩): مقترح لتسميد الفلفل بالنيتروجين والبوتاسيوم مع ماء الرى بالتنقيط بالكيلوجرام للفدان (عن Marr ١٩٩٣).

الأيام بعد الشتل	النيتروجين اليومى	K_2O اليومى	النيتروجين الكلى	K_2O الكلى
قبل الزراعة	—	—	٢٥	٥٠
صفر-٧	٠,٥	٠,٥	٢٨,٥	٥٣,٥
٨-١٤	٠,٥	٠,٥	٣٢	٥٧
١٥-٢١	٠,٥	٠,٥	٣٥,٥	٦٠,٥
٢٢-٢٨	٠,٦	١,٢	٣٩,٧	٦٨,٩
٢٩-٣٥	٠,٦	١,٢	٤٣,٩	٨٥,٠

تابع جدول (١٧-١٩).

الأيام بعد الشتل	النيتروجين اليومى	K_2O اليومى	النيتروجين الكلى	K_2O الكلى
٣٦-٤٢	٠,٦	١,٢	٤٨,١	١٠١,١
٤٣-٤٩	٠,٩	١,٨	٥٤,٤	١١٣,٧
٥٠-٥٦	٠,٩	١,٨	٦٠,٧	١٢٦,٣
٥٧-٦٣	١,١	٢,٢	٦٨,٤	١٤١,٧
٦٤-٧٠	١,١	٢,٢	٧٦,١	١٥٧,١
٧١-٧٧	١,١	٢,٢	٨٣,٨	١٧٢,٥
٧٨-٨٤	١,١	٢,٢	٩١,٥	١٨٧,٩
٨٥-٩١	١,٢	٢,٤	٩٩,٩	٢٠٤,٧
٩٢-٩٨	١,٢	٢,٤	١٠٨,٣	٢٢١,٥

جدول (١٧-٢٠): مقترح لتسميد الكنتالوب بالنيتروجين والبوتاسيوم مع ماء الرى بالتنقيط بالكيلوجرام للفدان (عن Marr ١٩٩٣).

الأيام بعد الشتل	النيتروجين اليومى	K_2O اليومى	النيتروجين الكلى	K_2O الكلى
قبل الزراعة	—	—	١٢,٥	٥٠,٠
صفر-٧	٠,٤٥	٠,٧٥	١٥,٦٥	٣٠,٢٥
٨-١٤	٠,٤٥	٠,٧٥	١٨,٨	٣٥,٥
١٥-٢١	٠,٤٥	٠,٧٥	٢١,٩٥	٤٠,٧٥
٢٢-٢٨	٠,٤٥	٠,٧٥	٢٥,١	٤٦,٠
٢٩-٣٥	٠,٦٥	١,١	٢٩,٦٥	٥٣,٧
٣٦-٤٢	٠,٦٥	١,١	٣٤,٢	٦١,٤
٤٣-٤٩	٠,٦٥	١,١	٣٨,٧٥	٦٩,١
٥٠-٥٦	٠,٨٥	١,٤	٤٤,٧٠	٧٨,٩
٥٧-٦٣	٠,٨٥	١,٤	٥٠,٦٥	٨٨,٧
٦٤-٧٠	٠,٨٥	١,٤	٥٦,٦	٩٨,٥
٧١-٧٧	٠,٨٥	١,٤	٦٢,٥٥	١٠٨,٣

تابع جدول (١٧-٢٠).

الأيام بعد الشتل	النيتروجين اليومى	K_2O اليومى	النيتروجين الكلى	K_2O الكلى
٧٨-٨٤	٠,٣٥	٠,٧	٦٥,٠	١١٣,٢
٨٥-٩١	٠,٣٥	٠,٧	٦٧,٤٥	١١٨,١

جدول (١٧-٢١): معدلات التسميد الورقى التى يوصى بها لمحاصيل الخضر (Warncke وآخرون ١٩٩٢).

العنصر	كجم من العنصر/فدان[أ]	المصادر[ب]	النسبة المئوية للعنصر فى المصدر
الكالسيوم	٠,٥-١,٠	نترات الكالسيوم	١٩
المغنيسيوم	٠,٥-١,٠	كبريتات المغنيسيوم	٩
البورون	٠,٠٥-٠,١٥	بورات الصوديوم	٢٠
		حامض البوريك	١٧
النحاس	٠,٢٥-٠,٥٠	كبريتات النحاس	١٣-٢٥
المنجنيز	٠,٥-١,٠	كبريتات المنجنيز	٢٤
الموليبدنم	٠,٠٣	موليبدات الصوديوم	٣٩
الزنك	٠,١٥-٠,٣٥	كبريتات الزنك	٣٦
الحديد	٠,٥-١,٠	كبريتات الحديدوز	٢٠-٣١

(أ) تُرش هذه الكميات فى ما لا يقل عن ١٢٠ لتر ماء للفدان.

(ب) تخفض كميات الأسمدة المخلبية من هذه العناصر إلى الثلث أو حتى إلى الخمس حسب توصيات السماد.

هذا .. وعادة ما يكون الرش بالعناصر الدقيقة كل حوالى ١٥ يومًا بمعدل ١٠٠ جم حديد مخلبى و ٥٠ جم زنك مخلبى، و ٥٠ جم منجنيز مخلبى، و ٢٠ جم كبريتات نحاس يضاف إليها ٥٠ جم يوريا لكل ١٠٠ لتر ماء.

توقيت إدخال السماد مع الرى

تتباين الآراء حول التوقيت المناسب لإدخال السماد فى نظام الرى بالتنقيط، كما يلى:

١- يُفضل البعض إدخال السماد (الكمية المحددة منه) طوال فترة الرى، حيث يصل السماد أينما يصل ماء الرى، وسوف يستفيد منه النبات أينما كان. وإذا ما تحرك السماد فى

الرية التاليةبعيدًا عن منطقة نمو الجذور، فإن تحركه يحدث أيًّا كان توقيت إدخاله فى الرية السابقة.

٢- يرى البعض إدخال السماد فى بداية فترة الرى فى الأراضى المتوسطة والثقيلة لتجنب تراكمه عند حافة المنطقة المبتلة التى ربما تكون خارج منطقة نمو الجذور، وفى نهاية فترة الرى فى الأراضى الرملية والخفيفة؛ لتجنب فقده بالرشح، ولكى يكون توزيعه الأفقى بصورة أفضل.

٣- يعتقد البعض بضرورة إدخال السماد خلال الثلث الثانى من فترة الرى لكى لا يتسرب إلى أسفل خارج منطقة النمو الجذرى الكثيف من جهة، ولكى يُزاح من سطح التربة إلى منطقة نمو الجذور بفعل ماء الرى المضاف خلال الثلث الأخير من فترة الرى من جهة أخرة. علمًا بأن ذلك الماء هو الذى يندفع جزء منه — كذلك — نحو الحواف.

التفاعلات بين العناصر

يعطى جدول (١٧-٢٢) ملخصًا بأنواع التفاعلات الممكنة بين مختلف العناصر المغذية، إلاّ إنه جدول شديد العمومية؛ فالتفاعلات تتباين كثيرًا حسب النوع النباتى، وظروف التربة فيما يتعلق بكل من الـ pH، وحالة الصرف، والمستويات النسبية للعناصر المتواجدة وصورها، ومدى تواجد أو غياب العناصر الأخرى (عن سمنار لـ Arthur Wallace فى مشروع تطوير النظم الزراعية — رونكو/أتوت — فى ١٨/١١/١٩٩٨).

جدول (١٧-٢٢): التفاعلات بين مختلف العناصر المغذية.

	المنصر المتأثر												
العنصر المؤثر	البورون	الكالسيوم	النحاس	الحديد	البوتاسيوم	المغنيسيوم	المنجنيز	المولبيدنم	النيتروجين	الصوديوم	الفوسفور	الكبريت	الزنك
البورن	●	—	—	—	—	—	—	—	—	—	A	—	—
الكالسيوم[أ]	A	●	—	A	A	A	A	—	—	A	A	—	A
النحاس	—	E	●	A	—	—	A	A	—	—	A	—	A
الحديد	—	—	A	●	A	—	A	—	—	—	A	—	—

البوتاسيوم	A(ب)	A	–	E	●	A	E	A	A	A	–	–	–

تابع جدول (١٧-٢٢).

	العنصر المتأثر												
العنصر المؤثر	البورون	الكالسيوم	النحاس	الحديد	البوتاسيوم	المغنيسيوم	المنجنيز	الموليبدنم	النيتروجين	الصوديوم	الفوسفور	الكبريت	الزنك
المغنيسيوم(أ)	–	A	A	A	A	●	A	E	–	A	E	E	A
المنجنيز	–	–	–	A	–	–	●	A	–	–	–	–	–
الموليبدنم	–	–	A	A	–	–	A	●	–	–	–	A	–
النيتروجين	A	E	A	–	A	E	-	E	●	–	E	–	A
الصوديوم	–	A	–	–	A	A	–	–	–	●	A	–	A
الفوسفور	–	A	A	A	A	E	A	E	A	–	●	E	A
الكبريت	–	–	–	–	–	–	–	A(جـ)	—	–	E	●	–
الزنك	–	–	A	A	–	A	A	–	–	–	A	A	●

A : تفاعل تضادية antagonism أو تنافسية.

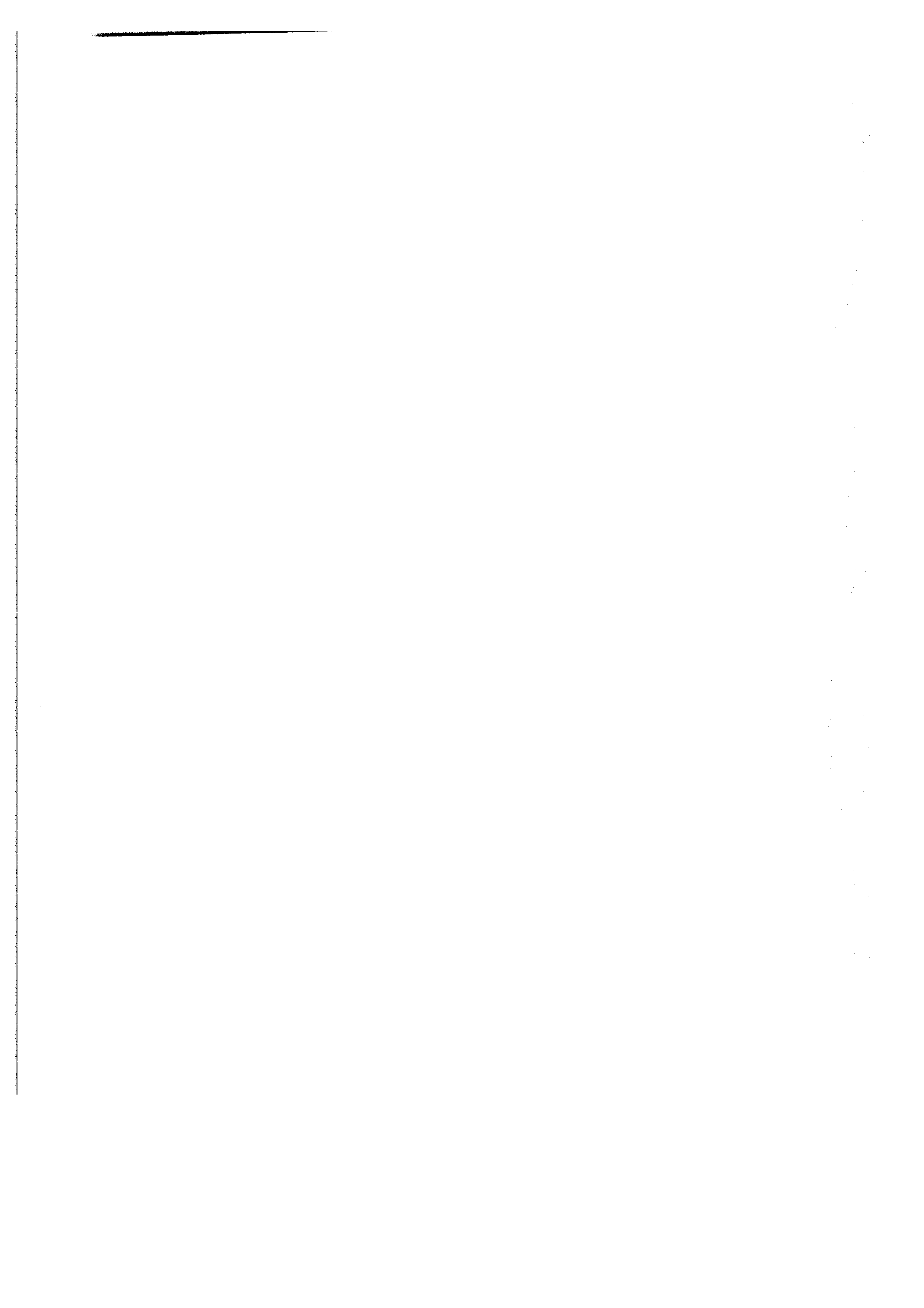
B : تفاعل تحفيز enhancement.

-: لا تتوفر بيانات كافية لتعميم تفاعل معين.

أ: يمكن أن تحفز كربونات الكالسيوم أو المغنيسيوم فعل العناصر الأخرى فى الأراضى الحامضية بخفضهما للـ pH.

ب- مع ارتفاع محتوى البورون، فإن المستويات العالية من البوتاسيوم يمكن أن تزيد من سمية البورون حسب الظروف.

جـ: على الرغم من تفاعل التضادية، فإن التأثير الحامضى للجبس ربما يزيد من امتصاص الموليبدنم، كما أن الكبريت له تأثير حامضى – كذلك – ويمكن أن يحفز امتصاص عناصر أخرى.



الفصل الثامن عشر

النمو والتطور

السكون

يُعرّف السكون Dormancy بأنه التوقف المؤقت للنمو المرئى visible growth لأى عضو نباتى أو نسيج نباتى يحتوى على ميرستيم.

ويستخدم – عادة – لفظ سكون – بالنسبة للبذور – للدلالة على حالة عدم إنبات البذور التى ترجع إلى موانع خارجية تعوق الإنبات؛ كعدم توفر رطوبة كافية، أو عدم مناسبة درجة الحرارة للإنبات، أو غير ذلك من المؤثرات الخارجية. كما يستخدم لفظ فترة راحة rest period – عادة – للدلالة على حالات عدم إنبات البذور التى ترجع إلى عوامل داخلية فى البذرة تمنعها من الإنبات، حتى لو توفرت لها الظروف الخارجية المناسبة للإنبات. هذا .. إلا أن الكثيرين يستخدمون لفظ السكون للدلالة على الحالات التى جرى العرف على تسميتها بطور الراحة، وهو الأمر الذى سيتبع فى هذا الكتاب.

ويقسم Lang وآخرون (١٩٨٧) حالات السكون – بصورة عامة – (فى البذور والبراعم) كما يلى:

١- الـ Ecodormancy:

وتتضمن حالات السكون التى تتحدد بفعل العوامل الجوية؛ أى التى لا يحدث فيها الإنبات أو النمو؛ بسبب عدم توفر الحرارة أو الرطوبة أو الأكسجين اللازم لذلك. وتبعًا لهذا التقسيم .. فإن الحالات التى تتطلب إحداث جروح أو كسور بأغلفة البذور – ليمكنها الإنبات – لا تدخل ضمن الـ ecodormancy.

٢- الـ Paradormancy:

وتتضمن حالات السكون التى تتحدد بفعل الأجزاء النباتية الأخرى غير الجزء

المعنى؛ مثل سكون البراعم الجانبية؛ بسبب وجود ظاهرة السيادة القمية، وهى حالات تتحكم فيها — غالبًا — هرمونات تنتج فى مكان ما من النبات.

وتبعًا لهذا التقسيم .. فإن الـ Paradormancy تتضمن — على سبيل المثال — ما يلى:

أ- حالات سكون القمة النامية التى يتطلب الخروج منها تعريض الأوراق لفترة ضوئية معينة.

ب- حالات سكون البراعم الجانبية التى يتطلب الخروج منها إزالة حراشيف البراعم budscales، أو إزالة القمة النامية للنبات.

جـ- حالات سكون البذور التى يتطلب الخروج منها تلقى الغلاف البذرى لموجات ضوئية بطول معين (كما فى الخس)، أو لحرارة منخفضة (كما فى *Prunus persica*)، أو لحرارة متعاقبة بين الارتفاع والانخفاض (كما فى *Cynodon dactylon*)، أو فصل الجنين عن الفلقات التى تحتوى على مواد مانعة للإنبات (كما فى *Malus domestica*).

٣- الـ Endodormancy:

وتتضمن حالات السكون التى يكون مردها إلى عوامل داخلية فى العضو المعنى، والتى تُكْسَربفعل تعرض هذا العضو لظروف معينة.

وتبعًا لهذا التقسيم .. فإن الـ Endodormancy تتضمن — على سبيل المثال — ما يلى:

أ- حالات سكون القمة النامية التى يتطلب الخروج منها تعريض البرعم القمى لدرجات حرارة منخفضة، أو لفترة ضوئية معينة (كما فى *Fagus sylvatica*).

ب- حالات سكون الكامبيوم التى يتطلب الخروج منها تعرُّضه لفترة ضوئية معينة (كما فى *Pinus sylvestris*).

جـ- حالات سكون البذور التى يتطلب الخروج منها تعريض السويقة الجنينية العليا أو الجنين كله لدرجات حرارة منخفضة.

وفى تقسيم آخر أكثر تفصيلاً .. صنّف Lang (١٩٨٧) جميع حالات السكون المعروفة حاليًّا، وتلك التى يحتمل الإقرار بها مستقبلاً، كما يلى:

الوضع أو الحالة، والعوامل المتحكمة فى السكون	مصطلح "السكون" المناسب
أولاً: الحالة الأساسية	
السكون هو التوقف المؤقت عن النمو المرئى لأى تركيب نباتى به ميرستيم	Dormancy
ثانيًا: عوامل تنظيم النمو المبدئية	
عوامل فسيولوجية داخل الجزء النباتى الساكن	Endodormancy
عوامل فسيولوجية داخل النبات، لكن خارج الجزء الساكن	Paradormancy
عوامل بيئية	Ecodormancy
ثالثًا: العوامل الأساسية المتحكمة فى النمو	
١– الـ Endodormancy	
التعرض للبرودة	Cryogenic Endodormancy
الفترة الضوئية	Photoperiodic Endodormancy
نوعية الإضاءة (طول الموجة)	Spectral Endodormancy
التواتر اليومى الداخلى Endogenous Rhythms	Rhythmic Endodormancy
٢– الـ Paradormancy	
القمة الميرستيمية	Apical Paradormancy
الأوراق القريبة، أو حراشيف البراعم، أو الفلقات	Laminar Paradormancy
قصرة البذرة	Testa Paradormancy
البيريدرم	Peridermal Paradormancy
التعرض للبرودة	Cryogenic Paradormancy
الفترة الضوئية	Photoperiodic Paradormancy
نوعية الإضاءة (طول الموجة)	Spectral Endodormancy
٣– الـ Ecodormancy	
الحرارة	Thermal Ecodormancy
الماء	Hydrational Ecodormancy
العناصر المغذية	Nutritional Ecodormancy
مستويات ثانى أكسيد الكربون والأكسجين	Atmospheric Ecodormancy

معادلات النمو النباتي وما يرتبط بها من قيم فيزيائية وبيولوجية

يُعبر العلماء عن النمو النباتي بطريقة كمية باستخدام معادلات رياضية خاصة، تعرف بمعادلات النمو Growth Formulas، أو دلائل النمو Growth Parameters.

تفيد هذه المعادلات في دراسة تأثير المعاملات التجريبية والعوامل البيئية على النمو النباتي، وكذلك في تحليل الاختلافات بين السلالات وإرجاعها إلى أسبابها الأولية. وتتداخل الدلائل ومعادلات النمو البيولوجية مع قيم أخرى فيزيائية محضة؛ ولذا .. فإننا نناقش الأمر كله جملة واحدة، مع تسلسل التفاصيل بشكل أقرب ما يكون إلى المنطق الذي يعين القارئ على استيعاب الموضوع.

١- الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات: يرمز لها بالرمز (S)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية Calories.

٢- الطاقة الشمسية النافذة transmitted (التي تسجل تحت النمو الخضري للنبات): يرمز لها بالرمز (S)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية.

٣- المحصول البيولوجي Biological yield:

هو الوزن الجاف لكل الأعضاء النباتية، بما في ذلك وزن الأجزاء الاقتصادية (أي التي يزرع من أجلها النبات). وهو تقدير للمحصلة النهائية لعمليات البناء الضوئي، والتنفس، وامتصاص العناصر.

وبرغم أن وزن المجموع الجذري هو جزء من المحصول البيولوجي، إلا أنه يهمل — عادة — لصعوبة تقديره بدقة. ولذا .. فإن النبات يقطع عند سطح التربة — عند النضج أو الحصاد — لتقدير وزنه الجاف. ويرمز للمحصول البيولوجي بالرمز (W).

٤- الوزن الجاف — لكل الأعضاء النباتية — المتراكم خلال فترة زمنية محددة، تم خلالها تقدير كل من (S)، و (S_t) كميا (علمًا بأن الفترة الزمنية المعنية يمكن أن تكون يومًا، أو أسبوعًا، أو موسمًا زراعيًّا كاملاً): يرمز لهذه القيمة بالرمز ΔW - دلتا دبليو)، ويمكن أن يعبر عنها بالسعرات الحرارية بضرب الوزن الجاف بالكيلو جرام في ٤٠٠٠؛ لأن كيلو جرام من الوزن الجاف يعادل (في المتوسط) ٤٠٠٠ سعر حراري.

٥- كفاءة اعتراض أو استقبال الضوء الساقط Efficiency Interception: يرمز لها بالرمز (E_i)، وتقدر كنسبة كما يلى:

$$E_i = \frac{S - S_t}{S} \times 100$$

أو بالمعادلة

$$E_i = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة absorbed} - \text{الطاقة الشمسية المنعكسة reflected}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات}} \times ١٠٠$$

فهى الطاقة الشمسية التى استقبلها النبات واحتجزها كنسبة مئوية من الطاقة الشمسية الكلية الساقطة عليه، أو هى حاصل طرح نسبة الطاقة الشمسية النافذة من مائة. وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للمساحة الورقية.

٦- كفاءة امتصاص الطاقة الشمسية Efficiency of Absorption:

يرمز لها بالرمز (E_a)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلى:

$$E_a = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة} - \text{الطاقة المنعكسة} - \text{الطاقة النافذة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

وتعد كفاءة الامتصاص (E_a) بمثابة تقدير جيد لنسبة الطاقة الشمسية الساقطة على النبات، والتى استقبلها واستفاد منها فى عملية البناء الضوئى.

٧- كفاءة الاستخدام Efficiency of Utilization:

يرمز لها بالرمز (E_u)، وتقدر كما يلى:

$$E_u = \frac{\text{الطاقة الشمسية التي تُثبت في عملية البناء الضوئي}}{\text{الطاقة التي اعترضها أو استقبلها النبات}}$$

$$= \frac{٤٠٠٠ \times \Delta W}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة} - \text{الطاقة الشمسية النافذة}}$$

أو هى:

$$E_u = \frac{\Delta W \times 4000}{S - S_t}$$

$$= \frac{\Delta W \times 4000}{S \times E_i}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate المقدرة على أساس وحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات.

٨- كفاءة التحويل Efficiency of Conversion:

يرمز لها بالرمز (E_c)، وتقدر كما يلى:

$$E_c = E_i \times E_u$$

$$= \frac{W \times 4000}{S}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير لمعدل النمو المحصولى Crop Growth Rate.

٩- نسبة الانعكاس Percent Reflection:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (A)، وتقدر كما يلى:

A = (الطاقة الشمسية المعكوسة ÷ الطاقة الشمسية الكلية الساقطة) × ١٠٠

١٠- نسبة النفاذ Percent Transmission:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (k)، وتقدر كما يلى:

$$k = \frac{S_1}{S} \times 100$$

١١- معامل انقراض (احتجاز) الضوء Light Extinction Coefficient بواسطة النبات، ويعطى الرمز (K).

١٢- المحصول الاقتصادى Economic Yield:

هو العضو النباتى أو الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول، ويعطى الرمز (EY).

١٣- المساحة الورقية الكلية Total Leaf Area:

هى مجموع مساحة الأوراق التى ينتجها النبات، ويرمز لها بالرمز (L).

ويعتقد دائمًا أن المساحة الورقية الكلية هى مقياس لقدرة النبات على البناء الضوئى، ولكن يجب أن يؤخذ فى الحسبان أن المسطحات الخضراء الأخرى للنبات تكون — أيضًا — قادرة على القيام بعملية البناء الضوئى، وربما تُسهم بنصيب كبير فى إجمالى إنتاج المادة الجافة فى النبات.

فإلى جانب أنصال الأوراق .. يحدث البناء الضوئى فى جميع الأجزاء الخضراء، بما فى ذلك السيقان، وأغماد الأوراق والسفا، والقنيبيات، والأذينات، وأغلفة الكيزان، والقرون الخضراء ... إلخ. وتوجد بعض هذه الأعضاء فى الجزء العلوى من النبات، فلا تتعرض للتظليل، وتكون نشطة فى عملية البناء الضوئى.

ويعتقد البعض أن قدرة أغماد أوراق ونورات الحبوب الصغيرة على البناء الضوئى تبلغ نحو ٥٠٪-١٠٠٪ من قدرة أنصال الأوراق ذاتها. ووجد أن أغماد أوراق الشعير تُسهم بنحو ١٥٪-٤٠٪ من محصول الحبوب، وأن السنبلة تُسهم بنحو ٩٪، و ٤٠٪ من محصول الحبوب فى الأصناف العديمة السفا والأصناف ذات السفا، على التوالى.

ونظرًا لصعوبة تقدير مساحة الأجزاء النباتية غير الأوراق؛ لذا .. فقد اتفق على اعتبار مجموع المسطح الورقى لأنصال الأوراق (السطح العلوى فقط) دليلاً على المساحة النباتية التى تقوم بعملية البناء الضوئى.

١٤- الوزن النوعى للورقة Specific Leaf Weight:

هو الوزن الجاف لوحدة المساحة من الورقة، يرمز لهذه القيمة بالرمز (SLW)، وتقدر

بالسنتيمتر المربع لكل جرام من الوزن الجاف من الورقة ($cm^{-2}g^{-1}$)، وهى تعكس سمك الورقة؛ حيث يزداد السمك كلما ازدادت هذه القيمة.

١٥- فترة بقاء الأوراق على كفاءتها فى عملية البناء الضوئى Leaf Area Duration:
تأخذ هذه القيمة الرمز (LAD)، وتقدر كما يلى:

$$LAD = L \times time$$

١٦- المساحة النسبية للأوراق Leaf Area Ratio:

هى نسبة مساحة أوراق النبات (L) إلى وزن النبات الجاف الكلى (W)، ويرمز لها — غالبًا — بالرمز (LAR)، وأحيانًا بالرمز (F)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$LAR = \frac{L}{W}$$

$$LAR = \frac{(L_2 - L_1)(\log_e W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1)(\log_e L_2 - \log_e L_1)}$$

حيث إن: L_1 و L_2 هما مساحة الأوراق، و W_1 و W_2 هما وزن الأوراق فى بداية ونهاية فترة زمنية من t_1 إلى t_2، ويعبر عنها باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر ... إلخ.

١٧- نسبة وزن الأوراق Leaf Weight Ratio:

هى وزن الأوراق كنسبة مئوية من الوزن الكلى للنبات على أساس الوزن الجاف.

١٨- دليل المساحة الورقية Leaf Area Index:

هو مساحة المسطح الورقى بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات، ويرمز له بالرمز (LAI)، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$\text{دليل المساحة الورقية (LAI)} = \frac{\text{مساحة أوراق النبات (L)}}{\text{مساحة الأرض التى يشغلها النبات (P)}}$$

ويعنى بالمسطح الورقى مساحة أحد سطحى الورقة، وليس كليهما.

ويقدر متوسط دليل المساحة الورقية خلال فترة زمنية ($\overline{LAI}$) بالمعادلة التالية:

$$\overline{LAI} = \frac{F_2 - F_1}{Log_e F_2 - log_e F_1}$$

حيث إن:

F_1، و F_2 هما مساحة الأوراق/وحدة المساحة من الأرض فى بداية ونهاية الفترة الزمنية، على التوالى.

ويصل البناء الضوئى — عادة — إلى أكبر معدل له (بالنسبة للنبات ككل) عندما تصل قيمة دليل المساحة الورقية إلى ٥,٠ أو أكثر. ويتأثر ذلك بنظام ترتيب وتوزيع الأوراق على النبات. ومما تجدر ملاحظته أن الأوراق السفلية التى لا يصل إليها ضوء كاف قد تستهلك من الغذاء — أثناء تنفسها — كمية أكبر من تلك التى يمكنها تصنيعها.

إن دليل المساحة الورقية LAI هو — كما أسلفنا — مساحة المسطح الورقى بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات، فإذا كانت قيمة دليل المساحة الورقية ٤,٠ — مثلاً — كان ذلك دليلاً على أن إجمالى مساحة المسطح الورقى للنبات يبلغ أربعة أمثال مساحة الأرض التى يشغلها النبات. وتعد هذه القيمة أفضل من قيمة المساحة الورقية الكلية عند مقارنة النباتات؛ لأن القيمة الأخيرة يمكن أن تتأثر بمسافة الزراعة .

ويكون لدليل المساحة الورقية معنى وقيمة أكبر عند ربطه بمرحلة معينة من النمو النباتى. ففى النباتات المحدودة النمو .. يقدر دليل المساحة الورقية فى بداية مرحلة النمو الإنتاجى (بداية الإزهار والعقد). أما فى النباتات غير المحدودة النمو .. فقد يستعمل فيها الحد الأقصى لدليل المساحة الورقية، أو قد تجرى المقارنة بين الأصناف فى أى وقت ما دامت قد أخذت قياسات دليل المساحة الورقية فيها فى يوم واحد.

ويعتقد أن لكل محصول قيمة مثلى لدليل المساحة الورقية، تتراوح — غالبًا — بين ٢,٥، و ٥,٠ فى مختلف المحاصيل. والقيمة المثلى هى تلك التى يحدث عندها أقصى تراكم للمادة الجافة. ويقل تراكم المادة الجافة بانحراف قيمة دليل المساحة الورقية — عن القيمة المثلى — بالزيادة، أو النقصان.

ففى الحالات التى يقل فيها دليل المساحة الورقية عن القيمة المثلى يقل إنتاج المادة الجافة؛ لأنه لا يتم استقبال كل الضوء الساقط على النبات؛ وبذا لا يكون البناء الضوئى فى أعلى معدلاته الممكنة. وعندما يزيد دليل المساحة الورقية على القيمة المثلى تصبح الأوراق السفلى مظللة؛ ويتبع ذلك نقص الكفاءة التمثيلية.

وتزداد الفائدة التى تعود من الاعتماد على دليل المساحة الورقية – عند إجراء مقارنة بين الأصناف – بمراعاة ما يلى:

أ- ربط دليل المساحة الورقية بمرحلة معينة من النمو النباتى فى المحاصيل التى تحصد مرة واحدة كالحبوب الصغيرة. وفى نباتات المراعى نجد أن الوقت المثالى لإجراء عملية الحش يتوافق مع وقت الوصول إلى دليل المساحة الورقية المثالى.

ب- يُتوقع أعلى إنتاجية للمادة الجافة عندما تتوافق القيمة المثلى لدليل المساحة الورقية مع أفضل الظروف البيئية لعملية البناء الضوئى.

جـ- قد يشير دليل المساحة الورقية إلى المرحلة التى تكون فيها الكفاءة التمثيلية فى أقصى معدلاتها.

د- لابد من ربط دليل المساحة الورقية بفترة بقاء الأوراق على كفاءتها العالية فى عملية البناء الضوئى (LAD).

ومن أمثلة القيم المثلى لدليل المساحة الورقية التى تم التوصل إليها: ٢,٥-٥,٠ فى محاصيل الحبوب الصغيرة، و ٥,٠ فى محاصيل العلف التى تزرع نثرًا، و ٦,٢-٨,٩ فى محاصيل المراعى (عن Stoskopf ١٩٨١).

١٩- معدل النمو النسبى للورقة Relative Leaf Growth Rate:

هو مقدار الزيادة فى المساحة الورقية فى وحدة الزمن، ويرمز له بالرمز (RLGR)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$\text{RLGR} = \frac{\Delta L}{L \times \text{time}}$$

$$= (\log_e L_2 - \log_e L_1)\ (t_2 - t_1)$$

حيث ΔL (تُقرأ دلتا إل) هـو الـتغير فـى المسـاحة الورقيـة فـى وحـدة الـزمن، والــ "time" هو هذه الوحدة الزمنية، و (L) المساحة الورقية الأصلية. وتلك هى القيم اللازمة لحساب معدل النمو النسبى للورقة حسب المعادلة الأولى.

أما فى المعادلة الثانية .. فإن L_1، و L_2 تمثلان المساحة الكليـة لـلأوراق فـى أوقـات t_1، و t_2 قبل وبعد فترة زمنية معينة، وتقدر الفترة الزمنية باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر ... إلخ (يلاحظ أن اللوغاريتم للأساس e وليس للأساس ١٠).

٢٠- فترة وجود المساحة الورقية Leaf Area Duration:

مع تقدم النباتات فى العمر فإن كـثيرًا مـن الأوراق تـدخل فـى مرحلـة الشـيخوخة؛ وتقل المساحة الورقية المستقبلة للضوء نتيجة لذلك؛ الأمر الذى يترتب عليه نقص كفـاءة النبات فى تكوين المادة الجافة بصـورة تدريجيـة. وتقـدر فـترة وجـود المسـاحة الورقيـة بحساب مساحة أوراق النبات على فترات منتظمة، ويرمز لها بالرمز LAD.

٢١- معدل النمو النسبى Relative Growth Rate:

هو الوزن الجاف المتراكم للنبات لكل وحدة من الـوزن الأصـلى خـلال وحـدة زمنيـة معينـة، ويرمـز لـه - غالبًـا - بـالرمز (RGR)، وأحيانًـا بـالرمز (r)، ويقـدر بإحـدى المعادلتين التاليتين:

$$RGR = \frac{\Delta W}{W \times time}$$

$$= (\log_e W_2 - \log_e W_1) / (t_2 - t_1)$$

حيث إن:

ΔW: (تقرأ دلتا دبليو) هو التغير فى الوزن الجاف للنبات فى وحدة الزمن.

time: وحدة الزمن.

W_1: الوزن الجاف للنبات فى وقت معين t_1، و W_2: الوزن الجاف فى وقت آخـر t_2 بعد انقضاء فترة زمنية معينة.

وقد يستبدل بالوزن الجاف للنبات أى مقياس آخر؛ كطول النبات مثلاً.

٢٢- معدل النمو المحصولى Crop Growth Rate:

هو الوزن الجاف للنبات المتراكم فى وحدة زمنية معينة لكل وحدة من مساحة الأرض، ويرمز له بالرمز (CGR)، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$CGR = \frac{\Delta W}{P \times time}$$

حيث إن P هى وحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات.

كما أن:

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

٢٣- كثافة المساحة الورقية Leaf Area Density:

تُعَبِّر كثافة المساحة الورقية عن مدى كثافة النمو الورقى فى الحيز الذى يشغله النبات، وهى نسبة مساحة السطوح الورقية إلى الحيز الذى يشغله النبات، وتميز بالسنتيمتر المربع إلى كل سنتيمتر مكعب. ويتأثر هذا القياس — كثيرًا — بمدى قوة النمو الخضرى للنبات.

٢٤- الكثافة النوعية للورقة Specific Leaf Weight:

تحسب الكثافة النوعية للورقة — التى تعطى الرمز SLW — بالمعادلة التالية:

$$SLW = \frac{\text{Leaf dry weight (mg)}}{\text{Leaf area (cm}^2\text{)}}$$

وهى تميز بالمليجرام لكل سنتيمتر مربع.

وترتبط الكثافة النوعية للورقة بمعدل البناء الضوئى، وتعد مقياسًا له فى بعض المحاصيل.

٢٥- معدل إنتاج الأعضاء النباتية Organ Production Frequency:

يحسب معدل إنتاج الأعضاء النباتية (تكتب اختصارًا: OPF) بالمعادلة التالية:

$$OPF = \frac{X_2 - X_1}{X_1}$$

حيث إن:

X_1 = أعداد الأوراق أو الأزهار أو غيرها من الأعضاء النباتية فى وقت معين t_1 (يحسب الوقت باليوم أو الأسبوع أو الشهر).

X_2 = أعداد العضو النباتى نفسه فى وقت لاحق t_2.

٢٦- معدل موت الأعضاء النباتية Organ Death Frequency:

يحسب معدل موت الأعضاء النباتية (كالأوراق مثلاً) بالمعادلة التالية:

$$ODF = \frac{2(d_2 - d_1)}{X_1 - X_2 - 2d_1}$$

حيث إن:

d_1 = عدد الأوراق الميتة فى وقت معين (يُحسب الوقت باليوم أو الأسبوع أو الشهر).

d_2 = عدد الأوراق الميتة فى الوقت الأول t_2.

X_1 = العدد الكلى للأوراق فى الوقت الأول t_1.

X_2 = العدد الكلى للأوراق فى الوقت اللاحق t_2.

٢٧- الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate:

هى الوزن الجاف المتراكم لكل وحدة مساحة ورقية فى وحدة الزمن. وهى ليست مقياسًا دقيقًا لمدى كفاءة عملية البناء الضوئى، ولكنها مقياس للزيادة فى الوزن الجاف للنبات، والتى هى محصلة الفرق بين البناء الضوئى والتنفس، ويرمز لها - غالبًا - بالرمز (NAR)، وأحيانًا بالرمز (E)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$NAR = \frac{\Delta W}{L \times time}$$

$$= \frac{(W_2 - W_1)(\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(L_2 - L_1)(t_2 - t_1)}$$

وقد سبقت الإشارة إلى مدلولات جميع الرموز المستخدمة فى المعادلتين.

وقد يعبر عن (L) بمقاييس أخرى؛ مثل وزن الأوراق، أو محتواها من النيتروجين، أو البروتين، ويعطى ذلك قيمًا مختلفة للكفاءة التمثيلية؛ ولذا .. فإنها قد تُعْطَى الرمز (E) عند استعمال مساحة الأوراق، والرمز (E_W) عند استعمال وزن الأوراق ... إلخ.

كذلك فإن:

$$NAR = \frac{W2 - W1}{t_2 - t_1} \times \frac{(\log_e F_2 - \log_e F_1)}{F_2 - F_1}$$

حيث إن:

W = الوزن الجاف/وحدة المساحة من الأرض.

F = المساحة الورقية/وحدة المساحة من الأرض.

ويستدل مما تقدم بيانه على أن:

معدل النمو النسبى (RGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × المساحة النسبية للأوراق (LAR).

معدل النمو المحصولى (CGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × دليل مساحة الورقة (LAR).

تستخدم الكفاءة التمثيلية كمقياس لمعدل البناء الضوئى مطروحًا منه الفاقد بالتنفس. وتتأثر الكفاءة التمثيلية بكل من: درجة الحرارة، والضوء، وغاز ثانى أكسيد الكربون، والماء، وعمر الأوراق، والعناصر المعدنية التى يحتاج إليها النبات، ومحتوى الكلوروفيل بالأوراق، والتركيب الوراثى للنبات.

وتعد درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى الكفاءة التمثيلية؛ وذلك لتأثيرها المزدوج فى كل من عمليتى التنفس والبناء الضوئى. فكل عملية حيوية نباتية تتم فى حدود حرارية معينة. فبعد درجة حرارة صغرى Minimum temperature (أو درجة حرارة الأساس base temperature) نجد أن ارتفاع درجة الحرارة يكون مصاحبًا بزيادة فى معدل العملية الحيوية (مثل التنفس، والنمو، والبناء الضوئى ... إلخ)، ويعرف معدل الزيادة باسم قيمة الـ Q_{10}.

ولكل عملية حيوية Q_{10} خاص بها. ويعنى Q_{10} = ٢ — مثلاً — أن معدل العملية الحيوية يتضاعف مع كل ارتفاع فى الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية، ولكن ذلك يكون فى المجال الحرارى المحصور بين درجة الحرارة الصغرى، ودرجة الحرارة المثلى Optimum temperature التى تكون فيها العملية الحيوية فى أعلى معدلاتها. وبارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى ينخفض معدل العملية الحيوية إلى أن يتوقف تمامًا — مرة أخرى — عند درجة الحرارة العظمى Maximum temperature.

وتختلف تلك الدرجات الثلاث (الصغرى، والمثلى، والعظمى) كثيرًا باختلاف النوع النباتى، والصنف، وعمر النبات، والعملية الحيوية ذاتها. فمثلاً .. نجد فى الذرة أن درجات الحرارة الصغرى، والمثلى، والعظمى هى على التوالى ١٠ °م، و ٣٠-٣٥ °م، و ٤٥ °م بالنسبة للكفاءة التمثيلية، و ٨-١٠ °م، و ٣٢-٣٥ °م، و ٤٠-٤٤ °م بالنسبة لإنبات البذور.

ونجد أن معدل التنفس الضوئى Photorespiration يزداد — بارتفاع درجة الحرارة — بدرجة أكبر من معدل ازدياد التنفس الظلامى dark respiration. كما أن معدل التنفس الضوئى يزداد — فى الحرارة العالية — بدرجة أكبر من معدل الزيادة فى البناء الضوئى؛ فمثلاً .. وجد فى البطاطس أن معدل البناء الضوئى يصل إلى أقصاه فى حرارة ٢٠ °م، ولكن التنفس يكون — فى تلك الدرجة — حوالى ١٢٪ فقط من أقصى معدلاته الممكنة. وبارتفاع الحرارة إلى ٤٨ °م يصل التنفس إلى أقصى معدلاته، بينما ينخفض معدل البناء الضوئى إلى الصفر. ومن الطبيعى أن تنخفض الكفاءة التمثيلية — فى حالات كهذه — مع أى ارتفاع فى درجة الحرارة عن الدرجة المثلى للبناء الضوئى.

وفى البرسيم الحجازى قدرت الـ Q_{10} بنحو ١,٤٦ للتنفس، مقارنة بنحو ١,١٨ للكفاءة التمثيلية؛ الأمر الذى يعنى ازدياد معدل التنفس بدرجة أكبر من ازدياد معدل البناء الضوئى مع ارتفاع درجة الحرارة. ففيما بين درجتى حرارة ٩ °م، و ٢٦ °م كان التأثير الإيجابى لارتفاع الحرارة على معدل البناء الضوئى نحو خُمس تأثيرها السلبى الناشئ عن زيادتها لمعدل التنفس.

ويكون التأثير السلبى لارتفاع درجة الحرارة أكثر وضوحًا، وأشد وقعًا على النباتات الـ C_3؛ مما يكون عليه الحال فى النباتات الـ C_4. كما أن تأثير الحرارة يختلف بشدة فيما بين النجيليات الاستوائية ونجيليات المناطق الباردة. فنجد – مثلاً – أن الكفاءة التمثيلية تبلغ أقصى معدلاتها فى حرارة ٢٠°–٢٥°م فى نجيليات المناطق الباردة، بينما يرتفع المجال الحرارى المثالى للكفاءة التمثيلية إلى ٣٠°م–٣٥°م فى النجيليات الاستوائية، بما فى ذلك الذرة.

وقد وجد فى القمح الربيعى – وهو من نباتات المناطق الباردة ذات المسار البنائى C_3 – أن ارتفاع الحرارة درجة واحدة مئوية – فى بداية مرحلة تكوين السنابل – صَاحَبَه انخفاض قدره ٤٪ فى محصول الحبوب.

ومن ناحية أخرى .. فإن انخفاض شدة الإضاءة، وتقدم الأوراق فى العمر يكون مصاحبًا بانخفاض فى معدل البناء الضوئى، بينما تبقى معدلات التنفس على ما هى عليه ما دامت الأوراق حية. ويبين جدول (١٨–١) تلك العلاقة فى مثال افتراضى.

ويتبين من الجدول أن البناء الضوئى فى النبات الكبير (ذى الأوراق السبع) أعلى مما فى النبات الصغير (ذى الأوراق الأربع)، ولكن إجمالى التنفس فى النبات الكبير أعلى بكثير مما فى النبات الصغير؛ الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض الكفاءة التمثيلية فى النبات الكبير مقارنة بالنبات الصغير.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الكفاءة التمثيلية كانت صفرًا فى الورقة الخامسة (جدول ١٨–١)، بينما كانت سالبة القيمة فى الورقتين السادسة والسابعة. ويقال على الورقة الخامسة – فى حالات كهذه – إنها وصلت إلى نقطة التعادل Compensation Point؛ حيث كان الفقد فيها بالتنفس مكافئًا للزيادة بالبناء الضوئى. أما الورقتان السادسة والسابعة فيقال إنهما متطفلتان على النبات، وهو وصف يطلق على الأوراق التى تفقد من الغذاء – بالتنفس – أكثر مما تصنعه بالبناء الضوئى. ولكن يجب ألا ننسى أن الأوراق الخامسة، والسادسة، والسابعة تلك كانت قد أسهمت – فى النبات الصغير، أى وهى صغيرة – فى الكفاءة التمثيلية بدرجة عالية؛ حيث كان صافى إسهامها فى النمو النباتى إيجابيًّا.

جدول (١٨-١): علاقة عدد الأوراق وعمرها بكل من معدلي البناء الضوئي والتنفس، وتأثير ذلك في الكفاءة التمثيلية على مستوى الورقة، ومستوى النبات؛ في كل من النباتات الصغيرة والكبيرة (مثال افتراضي).

عمر النبات	رقم الورقة	معدل البناء الضوئي	معدل التنفس	الكفاءة التمثيلية
النبات الصغير	١	١٢	٢	١٠
(٤ أوراق)	٢	١٠	٢	٨
	٣	٧	٢	٥
	٤	٣	٢	١
		٣٢	٨	٢٤
نباتات أكبر عمرًا	١	١٢	٢	١٠
(٧ أوراق)	٢	١٠	٢	٨
	٣	٧	٢	٥
	٤	٣	٢	١
	٥	٢	٢	صفر
	٦	صفر	٢	٢-
	٧	صفر	١	١-
		٣٢	١٣	٢١

٢٨- دليل الحصاد Harvest Index:

يطلق على دليل الحصاد أحيانًا الأسماء: معامل الفاعلية Coefficient of Effectiveness، ومعامل انتقال الغذاء إلى الأجزاء الاقتصادية للنبات (معامل الهجرة) Migration Coefficient، وهو المحصول الاقتصادي كنسبة مئوية من الوزن الجاف الكلي للنبات، ويرمز له بالرمز (HI)، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$HI = \frac{EY}{W} \times 100$$

حيث إن:

EY = المحصول الاقتصادي (الجزء النباتي الذي يزرع من أجله المحصول).

W = المحصول البيولوجي (الوزن الجاف الكلي للنبات) (عن Thorne ١٩٦٠،

و Wallace وآخـــرين ١٩٧٢، و Evans ١٩٧٢، و Bleasdale ١٩٨٤، و Leopold & Kriedmann ١٩٧٥، و Stoskopf ١٩٨١، و Kalloo ١٩٨٨).

وقد وجدت اختلافـات كـبيرة فـى دليـل الحصـاد بـين ٢٤ صنفًا وسـلالة مـن فـول الصويا، ولكن لم تظهر علاقة واضحة بين المحصول ودليل الحصاد. كذلك تـراوح دليـل الحصاد بين ٤٤٪ و ٥٥٪ بين سبعة أصناف وسلالات من الفاصوليا، ولم يظهر فيهـا — كذلك — علاقة واضحة بين الصفتين.

كما سجلت — كذلك — اختلافات كبيرة فى دليل الحصـاد بـين أصـناف وسـلالات المحاصيل الدرنية؛ حيث تراوح مـن ٦٥٪–٨٠٪ فـى البطـاطس، ومـن ١,٢٪–٥٦٪، و ٣٧٪–٨١٪، و ٦٤٪–٨٤٪ فى (دراسات مختلفـة) فـى البطـاطـا، ومـن ٢٥٪–٦٠٪ فـى الكاسافا (عن Bhagsari & Ashley ١٩٩٠).

٢٩– القـدرة النسـبية للأعضـاء الاقتصـادية مـن النبـات علـى جـذب الغـذاء إليهـا Relative Sink Strength: يرمز إليها بـالرمز (RSS)، وهـى قيمـة اقترحهـا Scully & Wallace (١٩٩٠) من دراساتهم على الفاصوليا الجافة، وتقدر كما يلى:

$$RSS = \frac{\text{معدل نمو البذور (المحصول الاقتصادى)}}{\text{معدل الزيادة فى المحصول البيولوجى)}}$$

وفى الفاصوليا .. تدل قيم الـ RSS المساوية للواحد الصحيح — أو التى تزيد عليه — على تمتع البذور بقدرة عالية علـى جـذب الغـذاء إليهـا وتخزينـه فيهـا، وقـدرة عاليـة للنبات على نقل هذا الغذاء المجهز إليها. ويمكن أن يحل محلّ البذور فـى المعادلـة أىُّ عضو نباتى اقتصادى آخر — كالجذور أو الدرنات مثلاً — حسب المحصول.

٣٠– درجة الإنتاجية Productivity Score:

هى حاصل جمع كل مـن: المحصـول الاقتصـادى، والمحصـول البيولـوجى، ودليـل الحصاد. تعد درجة الإنتاجية مقياسًا واحدًا لمقارنة التباينات بين التراكيب الوراثية فـى المحصول، وعند مقارنة تأثير بعض المعاملات (عن Stoskopf ١٩٨١).

ومن الدراسات التى اعتمدت قياساتها – أساسًا – على دلائل النمو نذكر أبحاث Nieuwhof وآخرين (١٩٩١) التى أجريت على ١٥ صنفًا وسلالة من الطماطم فى حرارة بدأت بـ ١٩°م نهارًا، و ١٤°م ليلاً، مع فترة إضاءة ضعيفة مقدارها ثمانى ساعات، ثم عوملت النباتات بتعريضها ليلاً لحرارة مقدارها ٦°م، أو ١٠°م، أو ١٤°م (بهدف تقييم النمو النباتى فى ظروف الإضاءة الضعيفة والحرارة المنخفضة). وقد توصل هؤلاء الباحثون إلى ما يلى:

أ– وجدت اختلافات جوهرية بين أصناف الطماطم – تحت هذه الظروف – فى كل من دلائل النمو: RGR، و NAR، و LAR، و SLA، و LWR.

ب– ازداد كل من RGR، و LAR، و SLA، بينما انخفض الـ LWR فى حرارة الليل العالية.

جـ– وجد ارتباط سالب قوى بين كل من NAR، و LAR، وبين NAR، و SLA، بينما وجد ارتباط موجب قوى بين LAR، و SLA.

فسيولوجيا المحصول

إن الإنتاج المحصولى – لأى نبات – يعتمد على أربعة عوامل أساسية؛ هى:

١– معدل البناء الضوئى Photosynthesis.

٢– معدل التنفس Respiration.

٣– معدل انتقال الغذاء المجهز من أماكن تصنيعه فى الأوراق إلى حيث يستفيد منه النبات فى نموه، أو إلى حيث يخزن فى أعضاء التخزين (Translocation).

٤– نسبة الغذاء المجهز التى تنتقل إلى الأجزاء الاقتصادية من النبات – وهى الأجزاء التى يزرع من أجلها المحصول – من الغذاء المُصّنع الكلى الذى يحتفظ به النبات بعد استقطاع الجزء المفقود منه بالتنفس.

ويتفرع من هذه العوامل الأربعة أمور أخرى كثيرة تتفاعل معها؛ حيث تؤثر فيها وتتأثر بها.

ويذكر Wallace وآخرون (١٩٧٣) أن من بين أهم الصفات المؤثرة فى الاختلافات بين الأصناف من حيث كفاءتها الإنتاجية ما يلى:

١- حجم المجموع الجذرى ومدى تشعبه؛ حيث توجد علاقة موجبة بين النمو الجذرى والكفاءة الإنتاجية.

٢- معدل البناء الضوئى فى وحدة المساحة من الأوراق.

٣- طريقة حمل الأوراق؛ فالأوراق القائمة تسمح بوصول الضوء إلى الأوراق السفلى بدرجة أكثر من الأوراق الأفقية؛ ومن ثم تزيد القدرة على البناء الضوئى فى الحالة الأولى.

٤- مدى بقاء الأوراق على درجة عالية من الكفاءة فى عملية البناء الضوئى.

٥- معدل انتقال المواد الغذائية المجهزة — خلال عملية البناء الضوئى — إلى الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول.

٦- مساحة الأوراق فى وحدة المساحة من أرض الحقل.

٧- المساحة الكلية لأوراق النبات، والمساحة الورقية المعرضة للضوء.

٨- سمك الورقة؛ حيث يزيد البناء الضوئى كلما ازداد سمك الورقة.

٩- معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون.

١٠- حجم الثغور، وأعدادها، ومدى مقاومتها لتبادل الغازات من خلالها، ومدة بقائها مفتوحة.

١١- مدى مقاومة النسيج الوسطى للورقة (الميزوفيل) لتبادل الغازات.

١٢- مدى توفر الإنزيمات اللازمة لعملية البناء الضوئى.

١٣- معدل التنفس.

١٤- الاختلافات الوراثية فى الاستجابة للفترة الضوئية، والحرارة، والارتباع Vernalzation والتسميد ... إلخ.

وباختصار .. فإن المحصول الاقتصادى يعد محصلة لثلاث أمور (عن Scully & Wallace ١٩٩٠)؛ هى:

١- مدى تأقلم النبات مع العوامل البيئية السائدة.

٢– قدرة النبات على "حصاد" الضوء من خلال عملية البناء الضوئى.

٣– قدرة النبات على تخصيص ونقل جزء كبير من الغذاء المجهز فى عملية البناء الضوئى إلى الأعضاء الاقتصادية التى يزرع من أجلها النبات.

العوامل البيئية المهيئة للإزهار

يمكن تقسيم أنواع الخضر – حسب احتياجاتها البيئية لكى تزهر أو تتهيأ للإزهار – إلى أربع مجاميع كالتالى:

١– خضروات تزهر عندما تصل إلى مرحلة معينة من النمو، أو عندما تبلغ عمرًا فسيولوجيًّا معينًا دون احتياجات بيئية خاصة من الحرارة والفترة الضوئية، وربما كان ذلك لاستكمال الحاجة إلى حد أدنى من النواتج الأيضية التى تلزم للإزهار؛ مثال ذلك: معظم أصناف الطماطم، والبامية، والبسلة، والقرعيات.

وهذه الخضروات لا تتأثر نوعيًّا فى إزهارها بالعوامل البيئية، وإن كانت تتأثر كميًّا. وبمعنى آخر .. فإن إزهارها من عدمه لا يتوقف على التعرض لدرجات حرارة خاصة أو لفترة ضوئية معينة، ولكنه يتأثر كميًّا بهذه العوامل؛ فيكون الإزهار مبكرًا أو متأخرًا، وقليلاً أو غزيرًا، كما تتأثر أيضًا نسبة الأزهار المذكرة إلى المؤنثة أو الخنثى فى القرعيات.

٢– خضروات تزهر عند تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة، كما فى الخس، والفجل البلدى (الحولىّ) وغيرهما من أصناف الخضر الشائعة الزراعة فى المناطق ذات الشتاء المعتدل.

٣– خضروات تتهيأ للإزهار عندما تتعرض لدرجات حرارة منخفضة فترة معينة، ويسمى ذلك "الارتباع" Vernalization.

٤– خضروات تتهيئ للإزهار عندما تتعرض لفترة ضوئية معينة لعدد معين من المرات، ويسمى ذلك "التأقت الضوئى" Photoperiodism.

وسنتناول بالشرح فى هذا الفصل أساسيات عمليتى الارتباع والتأقت الضوئى وتطبيقاتها العملية فى مجال إزهار الخضر.

الارتباع

تعريف الارتباع

الارتباع Vernalization هو تهيئة النباتات للإزهار بتعريضها للحرارة المنخفضة فترة من الزمن، وتسمى تلك الفترة "الفترة الحرارية المهيئة للإزهار" Thermoinductive period.

ويقتصر دور الارتباع على تهيئة النباتات للإزهار فقط، لكنها لا تتجه نحو الإزهار إلا بعد تعرضها للجو الدافئ بعد ذلك، بينما نجد فى النباتات التى تستجيب للتأقت الضوئى أن التعرض لفترة ضوئية مناسبة يهيئ النبات للإزهار، ويدفعه للإزهار فى آن واحد.

ويجب أن تكون درجة الحرارة أثناء فترة الارتباع حوالى ٧°م، وأن يستمر التعرض لها لمدة ١-٢ شهر حسب المحصول والصنف. كما يجب أن تكون النباتات قد تعدت مرحلة الحداثة Juvenality، حتى يمكنها الاستجابة لعاملة الحرارة المنخفضة.

وتعتبر الأنسجة الميرستيمية فى القمة النامية هى موضع استجابة النباتات للحرارة المنخفضة؛ حيث يتكون بها العامل المحفز للإزهار Flowering Stimulus. وقد وجد أن هذا العامل لا ينتقل عبر منطقة التحام الأصل بالطعم فى التطعيم ولا يتحرك فى النبات، إلا أن جميع النموات التى تتكون من القمة النامية التى تم ارتباعها تكون أيضًا فى حالة ارتباع.

تقسيم النباتات حسب حاجتها من الارتباع لكى تتهيأ للإزهار

تقسم النباتات حسب حاجتها من الارتباع لكى تتهيأ للإزهار إلى مجموعتين:

١- نباتات لا تزهر إلا بعد أن تتهيأ للإزهار بفعل التعرض للحرارة المنخفضة؛ مثال ذلك: الكرفس، والكرنب، والبنجر، والجزر، والشيكوريا، والسلق، وكرنب بروكسل، والكولارد، والكيل، وكرنب أبو ركبة، والروتاباجا، والفينوكيا، والبقدونس، والكرات أبو شوشة، والبصل، والسلسفيل. وتعرف نباتات هذه المجموعة بأن استجابتها للارتباع نوعية.

٢- نباتات يكون إزهارها أسرع بعد أن تتهيأ للإزهار بفعل التعرض للحرارة المنخفضة؛ مثال ذلك: الخس، والفجل، واللفت، والبسلة، والسبانخ. وتعرف نباتات هذه المجموعة بأن استجابتها للارتباع كمية. فنباتات هذه المجموعة تزهر إذا تعرضت لظروف أخرى مناسبة لإزهارها، دون أن تتعرض مطلقًا لدرجات الحرارة المنخفضة، لكن تعرضها للحرارة المنخفضة يسرع من إزهارها.

العوامل المؤثرة على الارتباع

تتأثر استجابة النباتات للارتباع بعدد من العوامل أهمها: الحداثة، ودرجة حرارة معاملة الارتباع، والمحصول، والصنف.

الحداثة

تعرف الحداثة Juvenility بأنها: "تلك المرحلة من النمو التى لا تستجيب النباتات خلالها لمعاملة الارتباع، وتستمر فى نموها الخضرى الطبيعى برغم تعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة".

وتختلف مرحلة النمو التى تستجيب فيها النباتات لدرجة الحرارة المنخفضة اختلافًا كبيرًا فى الأنواع النباتية المختلفة كالتالى:

١- فى بعض النباتات تستجيب البويضة المخصبة للحرارة المنخفضة.

٢- فى القمح يستجيب جنين البذرة للحرارة المنخفضة.

٣- فى بعض النباتات تستجيب البذرة المشبعة بالماء للحرارة المنخفضة، بشرط ألا تكون فى حالة سكون. وقد تكون هذه الاستجابة نوعية؛ كما فى البنجر، والشيكوريا، والجزر، وقد تكون كمية؛ كما فى الخس، والبسلة، والسبانخ، وكرنب بروكسل، والفجل، والقنبيط.

٤- فى بعض النباتات تحدث الاستجابة فى أية مرحلة من مراحل النمو؛ كما فى البنجر.

٥- فى نباتات أخرى لا تحدث الاستجابة إلا بعد وصول النباتات إلى مرحلة معينة

من النمو مثل طور البادرة، كما فى الكرفس، والنباتات الأكبر، كما فى الكرنب، والنباتات التى بلغ عمرها ١١ أسبوعًا، كما فى كرنب بروكسل (Leopold & Kriedmann ١٩٧٥، و Vince-Prue ١٩٧٥).

ولكن Ramin & Atherton (١٩٩١) وجد أن تشبع بذور الكرفس بالماء لمدة ستة أسابيع على ٥°م أدى إلى إزهار نحو ٥٠٪ من النباتات عندما نُمّيت بعد ذلك على ١٥°م. كما أدت زيادة فترة نقع البذور فى الحرارة المنخفضة إلى إزهار النباتات بعد تكوينها لعدد أقل من الأوراق.

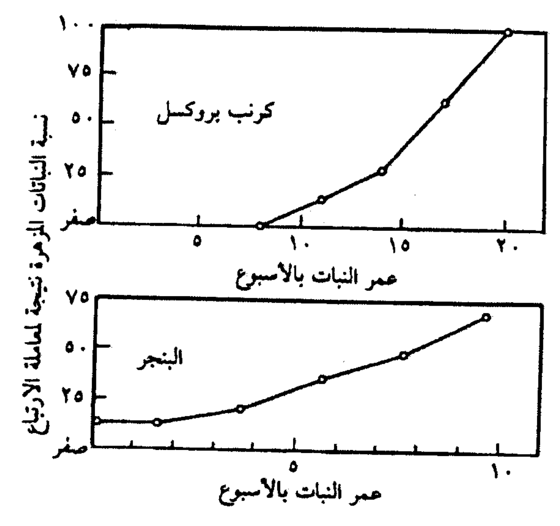
هذا .. وقد تكون الحداثة نوعية أو كمية كما يلى:

●الحداثة النوعية هى الحالات التى لا تحدث فيها أية استجابة للحرارة المنخفضة أثناءها؛ ففى كرنب بروكسل — مثلاً — توجد فترة حداثة نوعية تستمر لمدة ١١ أسبوعًا لا تستجيب خلالها النباتات لمعاملة الارتباع.

● والحداثة الكمية هى الحالة التى تزيد فيها الاستجابة للحرارة المنخفضة مع تقدم النباتات فى العمر. ففى كرنب بروكسل أيضًا توجد فترة حداثة كمية تمتد من عمر ١١ أسبوعًا حتى عمر ٢٠ أسبوعًا، تزيد خلالها الاستجابة للحرارة المنخفضة تدريجيًّا مع تقدم النباتات فى العمر حتى تصبح الاستجابة ١٠٠٪ عندما تصل النباتات إلى عمر ٢٠ أسبوعًا (شكل ١٨-١). كذلك تزيد استجابة نباتات الكرنب والجزر لمعاملة الارتباع مع تقدمها فى العمر. وفى البنجر لا توجد فترة حداثة نوعية، لكن النباتات تستجيب للحرارة المنخفضة بدرجة متزايدة من وقت زراعة البذرة حتى عمر ١٠ أسابيع.

درجة حرارة معاملة الارتباع

كلما انخفضت درجة الحرارة التى تتعرض لها النباتات، نقصت المدة اللازمة لكى تتهيأ للإزهار. فعملية الارتباع كمية، ويوجد ارتباط بين درجة الحرارة ومدة المعاملة، لكن الحرارة القريبة من التجمد (والتى تقل عن ٢°م) أقل تأثيرًا من الحرارة الأعلى قليلاً من ذلك (والتى تتراوح بين ٢°م و ٥°م) (Bleasdale ١٩٧٣).



شكل (١٨-١): دور الحداثة Juvenility فى الاستجابة لمعاملة الارتباع.

كما أن درجة حرارة التجمد ليس لها تأثير يذكر؛ لأن الماء هو الوسط الذى تجرى فيه كل التفاعلات الحيوية، ولأن الأنسجة النباتية المتجمدة يقل نشاطها الحيوى بدرجة كبيرة .. ذلك النشاط الذى لا غنى عنه لحدوث التغيرات الحيوية اللازمة لتهيئة النبات للإزهار.

المحصول والصنف المزروع

تختلف المدة اللازمة للارتباع باختلاف المحصول؛ فمثلاً تزيد المدة اللازمة لتهيئة الجزر للإزهار كثيرًا عما يلزم اللفت. كما تختلف مدة الارتباع اللازمة باختلاف الصنف. فالمدة اللازمة لتهيئة الكرنب برونزيك للإزهار أطول كثيرًا من تلك التى تلزم لتهيئة الكرنب البلدى. وكذلك تقل مدة التعرض للحرارة المنخفضة اللازمة لتهيئة الجزر البلدى للإزهار كثيرًا عما يلزم لتهيئة أصناف الجزر الأجنبية.

إزالة أثر الارتباع

يمكن إزالة أثر الارتباع بتعريض النباتات لدرجة حرارة مرتفعة، وتسمى هذه العملية Devernalization. ويكون تأثيرها أقوى ما يمكن عندما تتعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة بالتبادل أثناء فترة الارتباع. ويقل تأثير الـ devernalization بزيادة فترة

تعرض النباتات للحرارة المنخفضة قبل تعريضها للحرارة المرتفعة؛ أى مع قرب اكتمال عملية الارتباع. ففى الشيلم يقل تأثير الـ devernalization لعاملة الحرارة المرتفعة (٣٥°م) بمقدار النصف مع كل زيادة مقدارها أسبوع فى فترة الارتباع. كما يستجيب الفجل ذو الحولين للـ devernalization بطريقة مماثلة للشيلم (Vivce-Prue ١٩٧٥). هذا .. ويمكن إعادة تهيئة النباتات التى أزيل أثر الارتباع منها بتكرار عملية الارتباع.

التطبيق العملى للارتباع فى مجال الخضر

تفيد دراسة احتياجات الخضر من الحرارة المنخفضة حتى تتهيأ للإزهار فى الجوانب التطبيقية التالية:

١- اختيار الموعد المناسب للزراعة لتلافى الإزهار المبكر، كما فى الكرنب، والكرفس، والبصل.

٢- اختيار الأصناف المناسبة للعروات المختلفة، والتى تختلف فى احتياجاتها من الحرارة المنخفضة لكى تتهيأ للإزهار. فالكرنب البلدى يزرع فى يوليو حتى سبتمبر؛ نظرًا لأنه يتهيأ بسرعة للإزهار بفعل الحرارة المنخفضة، فى حين أن الكرنب بروزنزويك يزرع فى شهر نوفمبر؛ نظرًا لأن احتياجاته من البرودة لكى يتهيأ للإزهار كبيرة جدًا، ولا يتوفر ذلك القدر من البرودة خلال فصل الشتاء بمصر.

٣- توفير الظروف المناسبة لإزهار الأصناف التى لا تزهر تحت الظروف الطبيعية فى مصر لاستخدامها فى أغراض التربية.

٤- إنتاج البذور التجارية للخضر.

التأقت الضوئى

تعريف التأقت الضوئى والاستجابة النباتية للفترة الضوئية

تتجه بعض النباتات نحو الإزهار بعد أن تتعرض لفترة ضوئية معينة لعدد من الدورات. وتسمى هذه الاستجابة للفترة الضوئية باسم "التأقت الضوئى Photoperiodism". ولا تقتصر استجابة النباتات للفترة الضوئية على الإزهار فقط، بل

إنها قد تستجيب بتكوين الأبصال، كما فى البصل، أو بتكوين الدرنات، كما فى البطاطس، أو بنمو المدادات، كما فى الفراولة.

وتقسم النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية إلى ثلاث مجموعات، هى:

١- نباتات النهار القصير، وهى التى يلزمها التعرض لفترة إضاءة قصيرة حتى تزهر.

٢- نباتات النهار الطويل، وهى التى يلزمها التعرض لفترة إضاءة طويلة حتى تزهر.

٣- النباتات المحايدة، وهى التى لا يشترط لإزهارها أن تتعرض لفترة ضوئية بطول معين.

وتسمى الفترة الضوئية التى تتحدد عندها استجابة النباتات للفترة الضوئية باسم "فترة الإضاءة الحرجة" Critical Photoperiod. وفى نباتات النهار القصير تكون الفترة الحرجة هى أطول فترة إضاءة يمكن أن يحدث معها إزهار، وتتراوح عادة بين ١١ و ١٤ ساعة. أما فى نباتات النهار الطويل، فإن الفترة الحرجة تكون هى أقصر فترة إضاءة يمكن أن يحدث معها إزهار، وتتراوح عادة بين ١٢ و ١٤ ساعة.

وإلى جانب التقسيم السابق للنباتات، فإن الاستجابة للفترة الضوية قد تكون:

١- نوعية Qualitative: فلا يزهر النبات إلا بعد أن يتعرض لعدد كافٍ من الدورات الضوئية المهيئة للإزهار Photo-Inductive Cycles؛ مثال ذلك: السبانخ وهى من نباتات النهار الطويل، ونوع الفراولة *Fragaria chiolensis* وهو من نباتات النهار القصير.

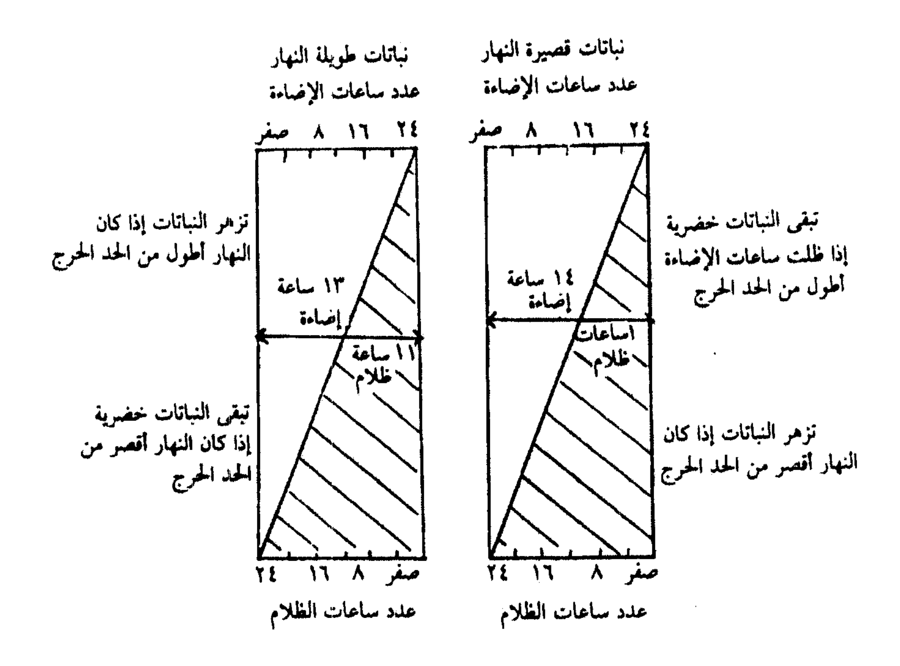
٢- كمية Quantitative: وهنا لا يتحدد إزهار النبات بتعريضه لفترة ضوئية معينة، ولكن إزهاره يكون أسرع عندما يتعرض لعدد كافٍ من الدورات الضوئية المهيئة للإزهار. مثال ذلك: القطن، وهو من نباتات النهار القصير، والبسلة، وهى من نباتات النهار الطويل (Bleasdle ١٩٨٤).

الأهمية النسبية لفترتى الضوء والظلام

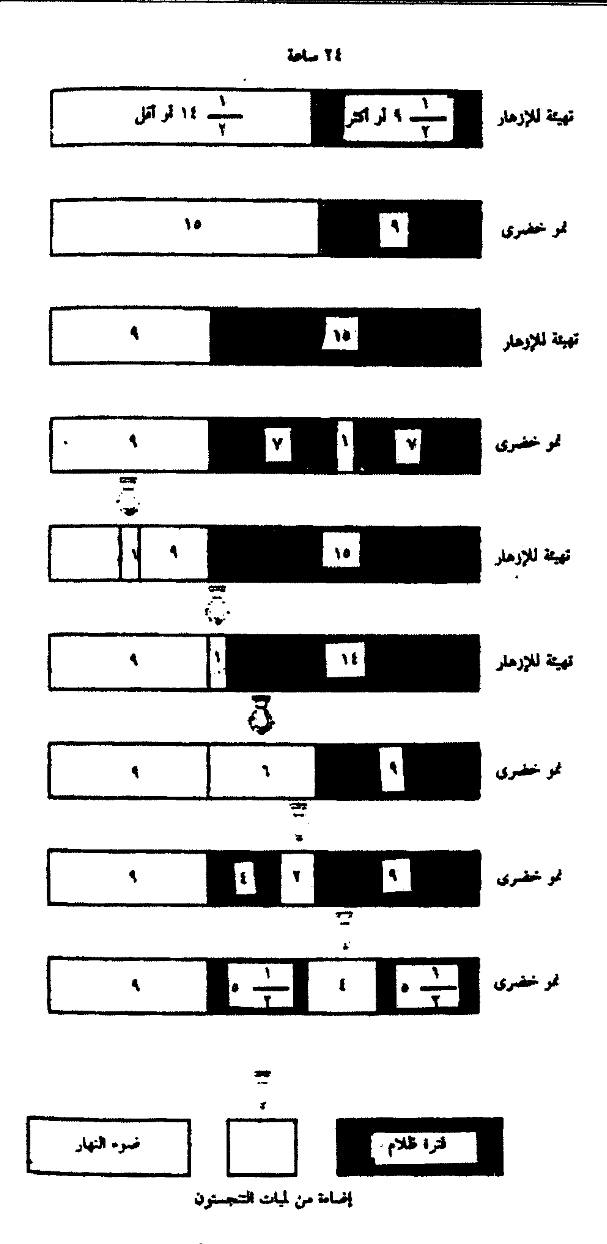
يتحدد إزهار النباتات من عدمه بطول فترة الظلام، وليس بطول فترة الضوء. فنباتات

النهار القصير لا تزهر إلا إذا زاد طول الليل عن حد معين، ونباتات النهار الطويل لا تزهر إلا إذا قصر طول الليل عن حد معين (شكل ١٨-٢).

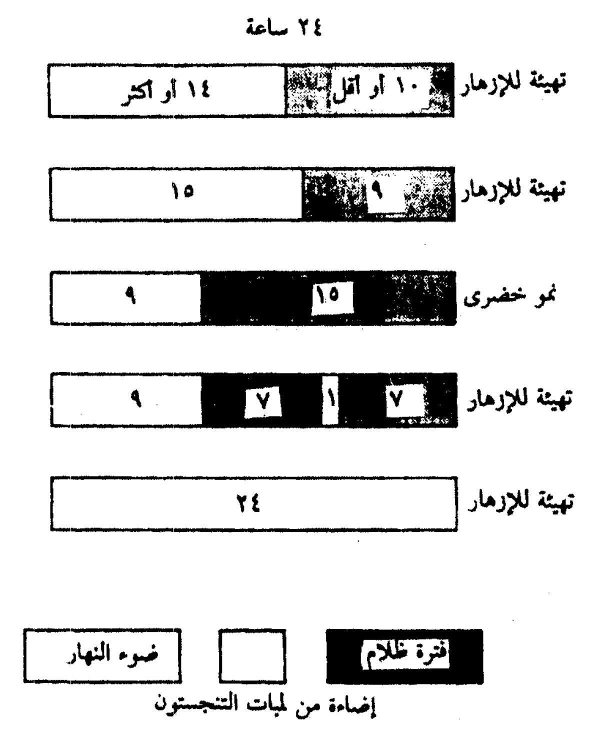
وتزهر بعض نباتات النهار الطويل حتى إذا تعرضت للإضاءة باستمرار (Steward ١٩٦٦). كما لا تزهر نباتات النهار القصير إذا جُزِّئت فترة الظلام الطويل إلى فترات قصيرة بتعريض النباتات لومضات من الضوء على فترات أثناء الليل. ويتحقق ذلك بضوء شدته ١٠-١٠٠ قدم-شمعة (شكل ١٨-٣). وبعكس ذلك .. فإن نباتات النهار الطويل تتهيأ للإزهار إذا جُزِّئت فترة الظلام الطويل التى تتعرض لها بفترات قصيرة من الضوء، ويكفى لذلك ضوء شدته ١٠٠ قدم-شمعة (شكل ١٨-٤).



شكل (١٨-٢): تأثير فترتى الضوء والظلام على إزهار نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل.



شكل (١٨-٣): أهمية فترة الظلام فى إزهار نباتات الأقحوان، وهو نبات قصير النهار تلزمه فترة ظلام لا تقل عن تسع ساعات ونصف فى حرارة ١٥ °م.



شكل (١٨-٤): أهمية فترة الظلام فى تكوين درنات نبات البيجونيا Begonia، وهو نبات نهار طويل تلزمه فترة ظلام لا تزيد على ١٠ ساعات فى حرارة ١٥ ْم (عن Mastalerz ١٩٧٧).

نرى مما تقدم أن تقسيم النباتات إلى طويلة النهار وقصيرة النهار لا يعتمد على العدد المطلق من الساعات الضوئية اللازمة للإزهار، ولكنه يبنى على كيفية استجابة النبات إذا نقصت أو زادت فترة التعرض للظلام عن حد معين. وبناء على ذلك .. فإن نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل قد تزهران معًا فى وقت واحد إذا كانت فترة التعرض للظلام فى حدود الفترة الحرجة لكلتيهما. ليس هذا فقط، بل إن نباتات النهار القصير قد تزهر فى نهار أطول من نباتات النهار الطويل. فالتقسيم السابق لا يعنى أن كل النباتات القصيرة النهار تزهر فى فترات ضوئية أقصر من الفترات الضوئية التى تزهر فيها النباتات الطويلة النهار.

وكمثال على ذلك .. فإن الزانثيم *Xanthium* يُعد من النباتات القصيرة النهار، وتبلغ فترة الإضاءة الحرجة له ١٥ ١/٢ ساعة؛ حيث لا يزهر إذا زادت مدة الإضاءة عن ذلك. وبالمقارنة .. فإن الهايوسكيمس *Hyoscyamus* نبات طويل النهار. وفترة الإضاءة الحرجة له ١١ ساعة، ولا يزهر إذا قصرت مدة الإضاءة عن ذلك؛ ويعنى هذا أنهما يمكن أن يزهرا معًا فى فترة إضاءة ١٣ ساعة مثلاً.

الدورات الضوئية المهيئة للإزهار

تختلف النباتات التى تستجيب للتأقت الضوئى اختلافًا كبيرًا فى عدد دورات الضوء والظلام اللازمة لتهيئتها للإزهار Photo-Inductive Cycles؛ فمثلاً:

١- فى النوع *Xanthium pennsylyanicum* — وهو قصير النهار — تكفى دورة واحدة لتهيئة النباتات للإزهار.

٢- وفى النوع *Salvia occidentalis* — وهو أيضًا قصير النهار — تلزم ١٧ دورة حتى تتهيأ النباتات للإزهار.

٣- وفى النوع *Plantago lanceolata* — وهو طويل النهار — تلزم ٢٥ دورة لكى يحدث إزهار كامل.

وتجدر الإشارة إلى أنه متى حصل النبات على العدد الكافى من دورات الضوء والظلام المهيئة للإزهار، فإنه يزهر حتى لو تعرض بعد ذلك لدورات غير مهيئة للإزهار. كما أن التهيئة للإزهار قد تكون جزئية؛ بمعنى أن النباتات ربما لا تزهر، ولكن تتكون بها مبادئ أزهار فقط إذا لم يكن عدد الدورات التى تعرضت لها النباتات كافيًا لدفعها نحو الإزهار.

وإذا حدث أن تعرضت النباتات لدورات مهيئة للإزهار بالتبادل مع دورات مهيئة، فإن تأثير ذلك يختلف فى نباتات النهار القصير، عنه فى نباتات النهار الطويل كالتالى:

١- يؤدى ذلك فى نباتات النهار القصير إلى تثبيط — أو إضعاف — فعل الدورات المهيئة للإزهار.

٢– يستمر تأثير الدورات المهيئة متجمعًا فى نباتات النهار الطويل، حتى لو تخللتها دورات غير مهيئة للإزهار.

الموجات الضوئية المؤثرة على الإزهار

يمكن بواسطة دراسة طول الموجات الضوئية المؤثرة على الإزهار أن نتعرف على الصبغات التى يمكن أن تلعب دورًا فى هذه العملية. فإذا كانت إحدى المكونات النباتية ذات قدرة على امتصاص الأشعة الضوئية فى مدى من طول الموجات يتشابه مع المدى المؤثر على الإزهار، فإن ذلك يكون دليلاً قويًا على أن لهذه المادة علاقة بعملية الإزهار، وأنها هى المستقبل الضوئى photoreceptor الذى يبدأ العمليات التى تقود فى النهاية إلى الإزهار.

فمثلاً نجد أن أعلى معدل لعملية البناء الضوئى يحدث فى منطقتى الضوء الأزرق والأحمر؛ وهى أطوال الموجات التى يحدث عندها أقصى امتصاص من صبغة الكلوروفيل الأساسية فى عملية البناء الضوئى.

وكما سبق الذكر .. فقد أوضحت الدراسات أن قَطْعَ الليل الطويل بفترة إضاءة قصيرة أدى إلى عدم إزهار نبات الزانثيم *Xanthium* القصير النهار. وقد أمكن الاستفادة من هذه الظاهرة فى تحديد أكثر الموجات الضوئية تأثيرًا فى هذا الشأن، ووجد أنها تقع بين موجتى ٦٢٠ و ٦٦٠ مللى ميكرون (نانوميتر)، أى بين اللونين البرتقالى والأحمر. وحدث أقصى تثبيط فى طول موجة ٦٤٠ مللى ميكرون.

كيفية استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

موضع الاستجابة للضوء فى النبات

لا تحدث الاستجابة لعملية التأقت الضوئى إلا عند تعرض الأوراق — خاصة الأوراق الصغيرة الكاملة النمو — للعدد اللازم من الفترات الضوئية المهيئة للإزهار. وقد اكتشف نط Knott هذه الحقيقة لأول مرة على نبات السبانخ.

تأثير الأشعة الحمراء وتحت الحمراء

اكتشف بورثويك Borthwick أن الأشعة تحت الحمراء Far Red (اختصارًا: FR) قادرة على إلغاء التأثير الذى يحدثه التعرض للأشعة الحمراء Red (اختصارًا: R) على النباتات القصيرة النهار. فإذا عرضت النباتات القصيرة النهار للضوء الأحمر فى منتصف الليل، وأعقب ذلك تعريضها للأشعة تحت الحمراء، فإن هذه النباتات تزهر. وإذا أعقب ذلك تعريض النباتات مرة أخرى للأشعة الحمراء، فإنها لا تزهر، وهكذا. وبمعنى آخر .. فإن المعاملة الأخيرة هى التى تحدد إن كانت النباتات ستزهر أم لا، بغض النظر عن عدد دورات التعريض السابقة للضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء.

صبغة الفيتوكروم وصورها وتحولاتها

افترض بداية وجود صبغة أطلق عليها اسم فيتوكروم phytochrome (اختصارًا: P) تأخذ صورتين: إحداهما (Pr)؛ وهى التى تقوم بامتصاص الأشعة الحمراء، وتبلغ أقصى حساسية لها عند طول موجة ٦٦٠ مللى ميكرونًا، والأخرى (Pfr) وهى التى تقوم بامتصاص الأشعة تحت الحمراء، وتبلغ أقصى حساسية لها عند طول موجة ٧٣٥ مللى ميكرونًا.

ويستخلص من الدراسات العديدة التى أجريت على هذا الموضوع ما يلى:

١- يعتقد أن الصورة (Pfr) هى النشطة فسيولوجيًا، التى تتحكم فى عملية التأقت الضوئى؛ فتمنع الإزهار فى نباتات الليل الطويل (النهار القصير)، وتشجع الإزهار فى نباتات الليل القصير (النهار الطويل).

٢- كل منهما قادرة على التحول إلى الصورة الأخرى.

٣- تتحول الصورة (Pfr) ببطء إلى الصورة (Pr) فى الظلام، وبسرعة أكبر بكثير عند التعرض للأشعة تحت الحمراء.

٤- لا يتم التحول من صورة لأخرى بشكل مباشر، بل يتم ذلك مرورًا بعدة مراحل وسطية يتغير فيها تركيب الصبغة.

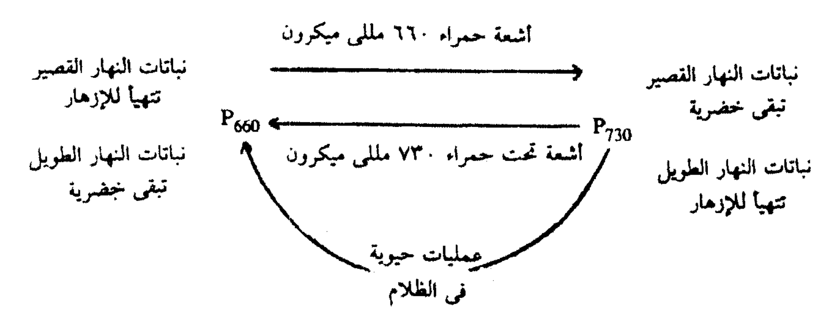
وقد لخص بورثويك التغيرات التى تحدث فى الصبغة عند التعرض للدورات المضيئة للإزهار كما يلى:

١– عند التعرض للضوء تتراكم صورة الصبغة (Pfr) — سريعًا — فى النبات. هذه الصورة تمنع الإزهار فى نباتات النهار القصير.

٢– مع بداية فترة الظلام تتحول الصورة (Pfr) تدريجيًا إلى الصورة (Pr). هذه الصورة تحفز الإزهار فى نباتات النهار القصير، وتمنع الإزهار فى نباتات النهار الطويل.

٣– يؤدى تعريض النباتات أثناء الليل إلى فترة قصيرة من الضوء الأحمر إلى تحويل الصبغة إلى صورة (Pfr)؛ الأمر الذى يؤدى إلى منع الإزهار فى نباتات النهار القصير.

٤– إذا أعقب التعريض للضوء الأحمر تعريض النباتات للأشعة تحت الحمراء، فإن الصبغة تتحول مرة أخرى إلى صورة (Pr)، ويزول أثر التعرض للضوء الأحمر (شكل ١٨–٥).



شكل (١٨–٥): تأثير التعرض للأشعة الحمراء وتحت الحمراء على صبغة الفيتوكروم بصورتيها (Pr) و (Pfr)، وعلى إزهار النباتات القصيرة النهار والطويلة النهار (عن Mastalerz ١٩٧٧).

٥– ويؤدى استمرار تعرض النبات للضوء الأحمر إلى استمرار تحول الصبغة من صورة (Pr) إلى صورة (Pfr)، إلى أن يصل تركيز الصورة (Pr) إلى أقل من الحد الحرج؛ فلا يحدث توازن بين الصورتين.

وقد عزلت صبغة الفيتوكروم بالفعل من الجذور، والسيقان، والسويقة الجنينية العليا، والفلقات، وأنصال وأعناق الأوراق، والبراعم الخضرية، والنورات، والثمار النامية لعدد من النباتات؛ منها: التبغ، والذرة، والفاصوليا. كما عزلت الصبغة أيضًا من بعض النباتات الدنيئة، كالطحالب.

يتكون جزئ صبغة الفيتوكروم من بروتين وكروموفور chromophore؛ وهو الجزء الحساس لكل من الأشعة الضوئية الحمراء وتحت الحمراء. ويتم تحول الصبغة — فى الضوء — من الصورة (Pr) إلى الصورة (Pfr) من خلال إعادة ترتيب رابطة مزدوجة فى كروموفور جزئ الفيتوكروم.

التأثيرات الأخرى لصبغة الفيتوكروم على النباتات

من الاستجابات النباتية التى يُعتقد بأن لها صلة بنشاط الفيتوكروم ما يلى:

١- ازدياد الأوراق فى المساحة.

٢- تثبيط الضوء لإنبات البذور أو تحفيزه لها.

٣- الإزهار والاستجابة للفترة الضوئية photoperiodism.

٤- تثبيط الضوء لنمو الجذور.

٥- التهيئة للسكون أو كسر السكون فى البراعم، والدرنات، والأبصال.

٦- منع الضوء لاستطالة السيقان.

٧- الانتحاء الضوئى phototropism.

٨- الاستجابة للجاذبية الأرضية Geotropism.

٩- انتقال الغذاء المجهز فى النبات.

كذلك تحدث تغيرات فى محتوى النباتات من جميع الهرمونات الطبيعية مع التغيرات التى تتعرض لها النباتات فى الفترة الضوئية. إلا أن معظم الدراسات تركز على التغيرات فى إندول حامض الخليك والجبريللين، بينما يعرف القليل عن التغيرات فى كل الإثيلين، والسيتوكينين، وحامض الأبسيسيك. ولقائمة الاستجابات النباتية — ذات الصلة بنشاط الفيتوكروم — الموضحة أعلاه علاقة

بالتغيرات التى تحدث فى المحتوى النباتى من الهرمونات عند تغير الفترة الضوئية (عن Hale & Orcutt ١٩٨٧).

طبيعة المادة التى تتكون عند استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

تتكون عند تعريض النبات لفترة الإضاءة المناسبة لإزهاره مادة فعّالة لها صفات الهرمون أُطلق عليها اسم فلوريجين Florigen. وتنتقل هذه المادة من الأوراق إلى المناطق الميرستيمية؛ حيث تحدث تأثيرها فى تحويل النموات الخضرية إلى نموات زهرية. وقد يتحكم الهرمون المتكون فى الورقة الواحدة فى إزهار النبات كله، حتى لو تعرضت بقية أجزاء النبات لفترة ضوئية غير ملائمة لتكوين الهرمون. ويتحرك الهرمون المتكون داخل النبات عن طريق اللحاء، كما ينتقل خلال منطقة التحام الأصل مع الطعم، لكن لم يكن فى الإمكان استخلاصه أو معاملة النبات به.

ويبدو أن المواد اللازمة لتهيئة نباتات النهار الطويل للإزهار مماثلة لتلك اللازمة لتهيئة نباتات النهار القصير. فقد وجد أنه إذا طُعِّمَ نبات نهار طويل على نبات نهار قصير، وعرض الطعم لفترة ضوئية مناسبة لإزهاره، فإن الأصل يزهر أيضًا. كما وجد أنه إذا طعم نبات نهار قصير على نبات نهار طويل، وعرض الطعم لفترة ضوئية مناسبة لإزهاره، فإن الأصل يزهر كذلك؛ ويعنى ذلك أن الهرمون المتكون ليس مقصورًا على نوع نباتى معين، وأن طبيعته واحدة فى كل من نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير على حد سواء.

العوامل المؤثرة على استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

تتوقف استجابة النباتات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار على عدد من العوامل؛ من أهمها ما يلى:

١- عمر النبات:

لا تستجيب النباتات للضوء عند إزهارها إلا إذا بلغت مرحلة معينة من النمو

الخضرى. كما أن بعض النباتات – كالشليم – تقل حساسيتها للفترة الضوئية مع تقدمها فى العمر، فى حين أن البعض الآخر تظل حساسيتها ثابتة طوال فترة حياتها.

٢– شدة الإضاءة:

لكى يستجيب النبات للفترة الضوئية المهيئة للإزهار، فإنه يجب أن يسبق ذلك تعريضه لإضاءة شديدة، ولو لمدة قصيرة، أو لإضاءة ضعيفة لمدة طويلة؛ لأن لشدة الإضاءة دورًا غير مباشر فى عملية تهيئة النباتات للإزهار؛ فهى تؤثر على كمية السكريات المجهزة، وهى المواد اللازمة لنمو وتميز المناطق الميرستيمية التى تتكون فيها مبادئ الأزهار. كما قد تلعب شدة الإضاءة دورًا مباشرًا فى تمثيل الهرمون اللازم للإزهار. وأقل إضاءة يمكن أن تحدث معها استجابة للفترة الضوئية المهيئة للإزهار هى ١٠٠ قدم–شمعة (Devlin ١٩٧٥، و Leopold & Kriedmann ١٩٧٥).

٣– درجة الحرارة

يناقش هذا العامل بالتفصيل فى الموضوع التالى:

تأثير التفاعل بين الحرارة والفترة الضوئية على الإزهار

بعد أن استعرضنا دور كل من الارتباع والتأقت الضوئى فى التأثير على الإزهار، فإننا نبرز فيما يلى الدور المشترك لهما معًا من خلال تقسيم النبات حسب استجابتها لكل من الحرارة المنخفضة، والفترة الضوئية، وأيضًا الحرارة المرتفعة. وقد نُقِلَ هذا التقسيم عن Vince-Prue (١٩٧٥) بإيجاز.

١– نباتات النهار القصير:

أ– نباتات نهار قصير ذات استجابة نوعية (أى مطلقة)؛ ومن أمثلتها:

Amaranthus caudatus

Chrysanthemum spp. (e. g. *indicum*)

Coffea Arabica

Glycine max cv. Biloxi

ب- نباتات نهار قصير يلزم الارتباعُ لإزهارها أو الإسراع به؛ ومن أمثلتها:

Chrysanthemum morifolium

جـ- نباتات نهار قصير فى الحرارة المرتفعة، وتكون استجابتها كمية فى الحرارة المنخفضة؛ مثل:

Fragaria ×ananassa

د- نباتات نهار قصير فى الحرارة المرتفعة، وتكون محايدة فى الحرارة المنخفضة؛ مثل:

Chenopodium album

Nicotiana tabacum cv. Mammoth

هـ- نباتات نهار قصير فى الحرارة المنخفضة، وتكون محايدة فى الحرارة المرتفعة؛ مثل:

Cosmos sulphureus cv. Orange Flare

و- نباتات نهار قصير فى الحرارة المرتفعة، وتتطلب نهارًا طويلاً فى الحرارة المنخفضة؛ ومن أمثلتها:

Euphorbia pulcherrima

Ipomoea purpurea cv. Heavenly Blue

ز- نباتات نهار قصير ذات استجابة كمية؛ مثل:

Capsicum frutescens

Chrysanthemum morifolium

Datrua strammonium

ح- نباتات نهار قصير ذات استجابة كمية يلزم الارتباعُ لإزهارها أو للإسراع به؛ ومن أمثلتها:

Allium cepa

ط- نباتات نهار قصير ذات استجابة كمية فى الحرارة المرتفعة، وتكون محايدة فى الحرارة المنخفضة؛ ومن أمثلتها:

Malva verticillata

Salvia splendens

٢- نباتات النهار الطويل:

أ- نباتات نهار طويل ذات استجابة نوعية أو مطلقة؛ ومن أمثلتها:

Chrysanthemum maximum

Mentha piperita cv. vulgaris

Nicotiana sylvestris

Raphanus sativus

Spinacia oleracea

ب- نباتات نهار طويل يلزم الارتباعُ لإزهارها أو للإسراع به؛ مثل:

Beta vulgaris

Hordeum vulgare (السلالات الشتوية)

Oenothera longiflora

Spinacia oleracea

جـ- نباتات نهار طويل فى الحرارة المنخفضة، ونباتات نهار طويل ذات استجابة كمية فى الحرارة المرتفعة، ومن أمثلتها:

Beta vulgaris

Brassica pkinensis

د- نباتات نهار طويل فى الحرارة المرتفعة وتكون محايدة فى الحرارة المنخفضة؛ ومن أمثلتها:

Cichorium intybus

هـ- نباتات نهار طويل، ويمكن الاستعاضة عن النهار الطويل ولو جزئيًا بالارتباع؛ ومن أمثلتها:

Spinacia oleracea cv. Nobel

و- نباتات نهار طويل ذات استجابة كمية؛ مثل:

Brassica campestris

Brassca rapa

Hordeum vulgare (spring strains السلالات الربيعية)

Solanum tuberosum

ز- نباتات نهار طويل ذات استجابة كمية، ويلزم الارتباعُ لإزهارها أو الإسراع به؛ ومن أمثلتها:

Cichorium endivia

Pisum sativum (late flowering cultivars الأصناف المتأخرة الإزهار)

Lactuca sativa

ح- نباتات نهار طويل ذات استجابة كمية فى الحرارة المرتفعة، وتكون محايدة فى الحرارة المنخفضة؛ ومن أمثلتها:

Lacuca sativa

Mathiola incana

Medicago sativa

Vivia sativa

٣- نباتات تحتاج إلى دورات من النهار القصير والطويل Dual Daylenth:

أ- نباتات نهار طويل وقصير Long-short day plants: وهى نباتات يلزم أن تتعرض لنهار طويل قبل أن تزهر فى النهار القصير؛ ومن أمثلتها:

Broyphyllum cernatum

ب- نباتات نهار قصير وطويل Short-long day plants: وهى نباتات يلزم أن تتعرض لنهار قصير قبل أن تزهر فى النهار الطويل؛ ومن أمثلتها:

Trifolium repens

جـ- نباتات نهار قصير وطويل يلزمها الارتباع كى تزهر أو تُسرع بالإزهار؛ ومن أمثلتها:

Dactylis glomerata

د- نباتات نهار قصير وطويل يمكن أن تحل الحرارة المنخفضة محل الظلام؛ فتصبح من نباتات النهار الطويل؛ ومن أمثلتها:

Campanula medium

٤- نباتات متوسطة الفترة الضوئية Intermediate-day plants: هذه النباتات لا تزهر إلا فى النهار المتوسط الطول؛ كما فى بعض أصناف القصب والنوع *Chenopodium album*.

٥- نباتات تزهر فى الفترات الضوئية الطويلة أو القصيرة Amphiphotoperiodic: هذه النباتات لا يمكنها الإزهار فى النهار المتوسط الطول (١٢ ساعة)، ويلزمها التعرض لنهار قصير أو طويل حتى تزهر؛ مثال ذلك: Chenopdium rubrum (ecotype 62° 46N at 25°C)؛ وهو نبات يثبط إزهاره كميًا فى النهار المتوسط الطول. أما النوع *Media elegans*، فهو يسلك كنبات من المجموعة الرابعة (النباتات المتوسطة الفترة الضوئية) فى حرارة ١٥-٢٠°م، وكنبات نهار طويل ذى استجابة كمية فى حرارة ٣٠°م.

٦- نباتات محايدة Day-neutral:

تعد النباتات المحايدة أقل النباتات استجابة للفترة الضوئية؛ وهى تقسم إلى مجموعتين:

أ- نباتات تزهر فى أية فترة إضاءة، لكن الإزهار قد يكون أسرع فى الحرارة المنخفضة أو المرتفعة؛ مثال ذلك: الفلفل، والخيار، والطماطم، والأرز، وفاصوليا الليما، والفاصوليا العادية، والبسلة، والبطاطس، والذرة.

ب- نباتات محايدة للفترة الضوئية يلزم الارتباعُ لإزهارها أو الإسراع به؛ مثال ذلك: البصل، والكرفس، والجزر، والفول الرومى.

هذا .. ويقدم Roberts (١٩٩٧) شرحًا رياضيًا لعملية حث الإزهار فى النباتات (الحولية وذات الحولين)، سواء أحدث ذلك الحث بفعل تأثير الفترة الضوئية، أم الارتباع.

تأثير المعاملة بمنظمات النمو على الإزهار

لعديد من منظمات النمو قدرة على تحفيز الإزهار فى مختلف النباتات؛ كما يلى:

١- أمكن دفع بعض النباتات القصيرة النهار للإزهار. بمعاملتها بالسيتوكينينات، وربما حدث ذلك من خلال الاستيعاض عن حاجة النباتات للنهار القصير (الليل الطويل) — حتى تزهر — بالسيتوكينينات.

كذلك كان حامض الجبريللك فعالاً فى دفع نباتات أخرى قصيرة النهار إلى الإزهار. كما حفز حامض الأبسيسيك الإزهار فى النباتات القصيرة النهار.

٢- يمكن للجبريللين دفع عديد من النباتات — ذات السيقان القصيرة التى تحمل أوراقًا متزاحمة rosette plants — إلى الإزهار، كما فى الخس.

٣- يمكن دفع عديد من النباتات التى تستجيب لمعاملة الارتباع إلى الإزهار بمعاملتها بالجبريللين.

٤- ويمكن للجبريللين أن يحل محل الحاجة إلى الفترة الضوئية الطويلة فى عديد من نباتات النهار الطويل (ولكن ليس فى جميعها)؛ كما فى الفجل، والسبانخ، والخس.

٥- تؤدى عديد من مثبطات النمو ومانعات النمو إلى وقف النمو الخضرى أو إبطائه؛ الأمر الذى يؤدى — غالبًا — إلى تحفيز النمو الزهرى.

أما المركبات التى تثبط الإزهار أو تمنعه فإنها قد تحدث تأثيرها من خلال منعها لتمثيل الفلورجن (هرمون الإزهار)، أو عملها كمضادات أيضية، أو أنها قد تمنع انتقال الهرمونات إلى القمم النامية، أو تمنع تكوّن البراعم الزهرية.

كما أن التشوهات التى تُحدثها بعض المركبات الكيميائية فى القمم النامية، والأوراق، والسيقان تجعل دورها — كمضادات أيضية — عديم التأثير على الإزهار (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

هذا .. ولمزيد من القراءة المتعمقة فى موضوع التأقت الضوئى .. يُراجع كل من Vince-Prue (١٩٧٥)، و Salisbury (١٩٨٢) فيما يتعلق بالأسس العامة، و Piringer (١٩٦٢) فيما يتعلق بمحاصيل الخضر.

الفصل التاسع عشر

الهرمونات النباتية ومنظمات ومنشطات النمو

تعريف وتقسيم الهرمونات النباتية ومنظمات النمو

تعرف الهرمونات النباتية Phytohormones بأنها مواد ينتجها النبات بكميات قليلة فى مكان منه، وتنتقل إلى أماكن أخرى لتحدث تأثيرها.

أما منظمات النمو Growth Regulators، فهى هرمونات محضرة صناعيًّا أو مستخلصة من مصادر نباتية، وتستعمل فى تنظيم النمو النباتى عند معاملة النباتات بها. ولبعضها نفس التركيب الكيميائى كالهرمونات الطبيعية، بينما يقترب البعض الآخر فى تركيبه الكيميائى من الهرمونات الطبيعية.

وكل من الهرمونات النباتية ومنظمات النمو إما أن تنشط (promotes أو stimulates)، وإما أن تثبط (suppresses أو retards)، وإما أن تمنع (inhibits) النمو النباتى.

ومن أهم الهرمونات النباتية ما يلى:

١- الأوكسين Auxin إندول حامض الخليك Indole Acetic Acid؛ وهو يصنع فى منطقة انقسام الخلايا فى الجذور والسيقان، ثم ينتقل إلى أماكن استطالة الخلايا بهما.

٢- الجبريللينات Gibberellins؛ مثل: حامض الجبريلليك Gibberellic Acid، وهى تصنع فى الأوراق النشطة فسيولوجيًّا، ثم تنتقل إلى أماكن استطالة الخلايا عن طريق الخشب.

٣- السيتوكينينات Cytokinins؛ مثل: الكينتين Kinetin؛ وهى تصنع فى منطقة انقسام الخلايا بالجذور، ثم تنتقل إلى أماكن استطالة الخلايا فى السيقان.

٤- حامض الأبسيسيك Abscisic Acid، أو هرمون الدورمين Dormin، وهو يصنع

فى الأوراق النشطة فسيولوجيًّا، وينتقل فى اللحاء إلى البراعم الخضرية؛ حيث يدفع الأوراق الصغيرة لتكوين تراكيب حرشفية تشبه الأوراق لحماية القمم النامية خلال فصل الشتاء.

٥- الإثيلين Ethylene: وهو هرمون ينتج فى الثمار أثناء نضجها، ويعمل على إسراع العمليات الحيوية المؤدية إلى النضج.

٦- مركبات أخرى؛ مثل: الكيومارين Coumarin، وحامض الفينوليك Phenolic Acid، والنارينجينين Naringenin، وجميعها توجد بصورة طبيعية فى النباتات، وتلعب دورًا فى سكون البذور والبراعم.

كما يتوفر عديد من منظمات النمو من كافة المجموعات السابقة الذكر، سواء منها المنشطة أو المثبطة للنمو، وسوف نذكرها بالتفصيل فى الأجزاء التالية من هذا الفصل.

وقد اكتشف حديثًا (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤) هرمونان جديدان يلعبان دورًا هامًّا فى تنظيم عملية دفاع النباتات ضد الإصابات المرضية والحشرية؛ وهما:

١- حامض الجاسمونك Jasmonic Acid.

٢- حامض السلسيلك Salicylic Acid.

ويظهر فى شكل (١٩-١) التركيب الكيميائى لأحد الهرمونات النباتية الهامة من كل واحدة من مجموعات الهرمونات النباتية السبع الرئيسية.

كذلك تمكن Hasegawa (١٩٩٣) من عزل هرمون جديد من نبات الكرسون cress أطلق عليه اسم لبيديمويد lipidimoide، وعرفة كيميائيًّا، كما تمكن من تحضيره صناعيًّا. وقد كانت بداية اكتشاف الهرمون عندما لاحظ الباحث أن اختلاط بذور الكرسون ببذور الـ *Amaranthus* — ونمو النباتين معًا — أدى إلى زيادة معدل نمو نبات الـ *Armaranthus* عما لو وجد منفردًا. وباختبار الهرمون النقى على نبات الـ *Amaranthus* وجد أنه يسرع استطالة السويقة الجنينية السفلى hypocotyls بكفاءة

أعلى من أى من حامض الجبريلليك، أو إندول حامض الخليك، كذلك كان أكثر كفاءة من إندول حامض الخليك وأكفأ قليلاً من حامض الجبريلليك فى إسراع نمو الجذور.

الأوكسين (IAA) إندول حامض الخليك

الجبريللين (GA_3) حامض الجبريلليك

الإيثيلين

السيتوكينين زياتين

حامض الأبسيسيك

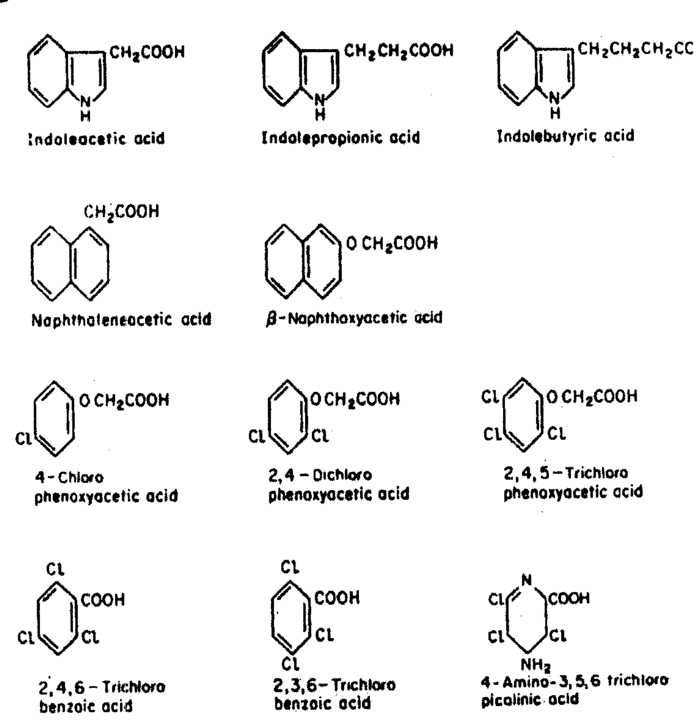
حامض الجاسمونك

حامض السلسيلك

شكل (١٩-١): التركيب الكيميائى لأحد الهرمونات الهامة من كل مجموعة من مجموعات الهرمونات النباتية السبع الرئيسية (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

الأوكسينات

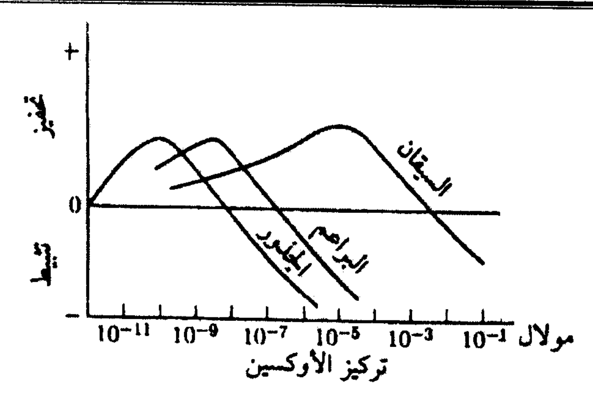
يعد الهرمون إندول حامض الخليك Indole-3-acetic acid (اختصارًا: IAA) هو الهرمون الطبيعى الوحيد المعروف من مجموعة الأوكسينات، ولكن الأوكسينات المحضرة صناعيًا — والتى تستعمل كمنظمات للنمو — كثيرة جدًا. ويبين شكل (١٩-٢) التركيب البنائى لبعضها.



شكل (١٩-٢): التركيب البنائى لبعض أنواع الأوكسينات.

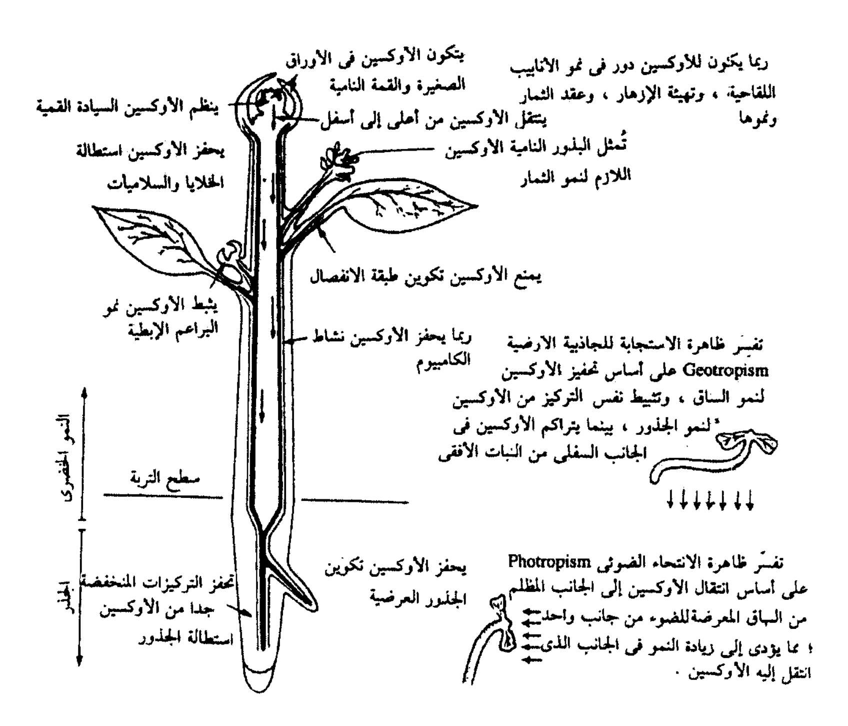
دور الأوكسين فى النبات

يحفز الأوكسين الطبيعى IAA — أو يثبط — نمو الجذور، والبراعم، والسيقان تبعًا لتركيزه؛ حيث تكون الجذور أكثرها حساسية للتركيزات العالية، تليها البراعم، بينما تكون السيقان أكثرها استجابة لتركيزاته العالية، وأقلها تضررًا منه، ويبدو ذلك جليًا فى شكل (١٩-٣).



شكل (١٩-٣): تأثير تركيز إندول حامض الخليك على كل من الجذور، والبراعم والسيقان.

ويظهر فى شكل (١٩-٤) الدور الذى يلعبه الأوكسين الطبيعى فى نمو وتطور مختلف الأعضاء والأنسجة النباتية (عن Steward ١٩٦٦).



شكل (١٩-٤): التأثيرات الرئيسية للأوكسين IAA فى النبات.

استعمالات الأوكسينات

تستخدم الأوكسينات فى عديد من المجالات الزراعية الهامة؛ منها ما يلى:

١- تشجيع تجذير العقل ونشاط الكامبيوم.

٢- عقد الثمار، ومنع سقوطها.

٣- خف الثمار.

٤- تأخير تساقط الثمار قبل الحصاد.

٥- التحكم فى إزهار الأناناس، وتبكير إزهار وإثمار فول الصويا.

٦- تستعمل الأوكسينات مع السيتوكينين فى تأخير اصفرار وذبول أوراق القنبيط عند التخزين.

٧- يستعمل الـ 2,4-D كمبيد للحشائش الثنائية الفلقة، وفى منع سقوط ثمار التفاح.

الأوكسينات الهامة

من الأوكسينات الهامة المستخدمة فى المجال الزراعى ما يلى:

١- إندول حامض البيوتريك Indolebutyric Acid

يعرف إندول حامض البيوتريك — كيميائيًّا — بالاسم: 3-Indolebutyric acid (اختصارًا: IBA).

ومن تحضيراته التجارية المعروفة ما يلى:

Jiffy Grow	Hormodin	Indole Butyric
	Seadix	Hormex Rooting Powder

يعد IBA أهم منظمات النمو المستخدمة فى تجذير العقل بكل أنواعها؛ حيث يحفز التبكير فى تكوين الجذور، التى تزيد من فرصة بقاء النباتات، وخاصة فى الظروف غير المناسبة لها (عن Thomson ١٩٨٣).

وتجرى المعاملة بإندول حامض البيوتريك بإحدى طريقتين، كما يلى:

أ- الغمس السريع فى محلول مائى مخفف بتركيز ٥٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون، علمًا بأن الإذابة الأولية للأوكسين تكون فى الكحول الإثيلى.

ب- غمس قواعد العقل فى مخلوط من منظم النمو فى بودرة تلك بتركيز ٠,١٪-١٪، مع نفض الكميات الزائدة من المخلوط من قواعد العقل.

ويستعمل الحد الأدنى من تركيزات منظمات النمو فى معاملة العقل الخشبية (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

٢- إندول حامض الخليك Indol-3-acetic acid (اختصارًا: IAA)

يعد IAA الأوكسين الوحيد الذى يوجد فى الطبيعة كهرمون، كما أنه يحضر صناعيًّا، ويستعمل كمنظم للنمو.

يعرف IAA كذلك بالإسمين Auxin، و Heteroauxun.

وتفرز بعض أنواع البكتيريا التى تعيش فى التربة أوكسينات منشطة للنمو النباتى؛ فقد وجد أن معاملة التربة بالحامض الأمينى L-Tryptophan تؤدى إلى تحفيز بعض أنواع بكتيريا الـ Pseudomonads إلى تكوين إندول حامض الخليك. كما أدت إضافة هذا الحامض الأمينى إلى تربة المشاتل بتركيز ٦-٦٠ مجم/كجم من التربة إلى إحداث زيادة فى المحصول بلغت ٤٢٪ فى القاوون، وتراوحت بين ٥٨٪ و ٨٠٪ فى البطيخ، كما أدت إلى زيادة متوسط وزن الثمرة بمقدار ٣٦٪، و ٤٣٪ فى كل من القاوون والبطيخ على التوالى (Frankenberger & Arshad ١٩٩١).

٣- توماست Tomaset

يعرف توماست بالاسم الكيميائى N-m-tolyphthalamic acid. ولا يعرف منه سوى تحضير تجارى واحد يحمل نفس الاسم Tomaset. وهو يستعمل فى تحفيز عقد ثمار الطماطم، وفاصوليا الليما، والكريز.

٤- منظم النمو 4-CPA

يعرف منظم النمو 4-CPA بالاسم الكيميائى para-Chlorophenoxyacetic acid.

ومن تحضيراته التجارية المعروفة ما يلى:

Tomato-Hold	PCPA	Tomato Fix
Tomatotone	Sure-Set	

ومن أهم استعمالاته تحسين عقد ثمار الطماطم فى كل من الحرارة المنخفضة والحرارة العالية، وتثبيط نمو جذور فاصوليا المنج.

٥- نفثالين حامض الخليك Naphthalene Acetic Acid

يعرف 1-Napthalene acetic acid بالرمز NAA وهو من منظمات النمو الهامة التى لها تطبيقات زراعية كثيرة فى التفاح، والكمثرى، والأناناس، والموالح، والزيتون، والزهور، ونباتات الزينة، ولكن لا يعرف له أية استخدامات تجارية فى مجال محاصيل الخضر.

ومن تأثيراته: خف الثمار، ومنع سقوط الثمار قبل حصادها، وتحفيز إزهار الأناناس، وتجذير العقل العشبية.

ومن تحضيراته التجارية ما يلى:

Fruitone-N	Stafast	Nu-Tone
Celmone	Planovix	Phyomone
Tre-Hold	NAA-800	Prinacol
Nafusaku	Tip-Off	Stik
		Plucker

٦- منظم النمو ٢، ٤-د 2,4-D

يعرف منظم النمو 2,4-D بالاسم الكيميائى 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid، وتتوفر منه عديد من التحضيرات التجارية.

يعد الـ 2,4-D من المبيدات الاختيارية التى تستعمل مع ذوات الفلقة الواحدة لمكافحة الحشائش ذوات الفلقتين، ولكنه يستعمل كذلك — بتركيزات مخففة — لتحسين عقد ثمار الحمضيات، ولتحسين فترة احتفاظ ثمار الفاكهة بنضارتها بعد الحصاد. وفى مجال الخضر .. يستعمل الـ 2,4-D فى زيادة اللون الأحمر وتحسين مظهر جلد درنات البطاطس الوردية اللون.

٧- منظم النمو 2,4-5-trichlorophenoxyacetic acid (اختصارًا: 2,4,5-T)

يتوفر منه عدة تحضيرات تجارية.

٨- منظم النمو 2,4-Dichlorophenoxyisopropylester (اختصارًا 2,4-D ester)

يستعمل — تجاريًّا — فى تأخير تساقط ثمار الحمضيات.

٩- منظم النمو بيتا نفثوكسى حامض الخليك β-Naphthoxyacetic acid (اختصارًا: βNOA)

يستعمل فى تحسين عقد ثمار الطماطم. ومن تحضيراته التجارية كل من Betapal، و Fulset.

١٠- سلفكس Silvex

يعرف منظم النمو سلفكس — كيميائيًّا — باسم:

2-(2,4,5-trichlorophenoxy) propionic acid (triethanolamine salt)

يأخذ الرمز 2,4,5-TP.

ومن تحضيراته التجارية Fruitone-T، و Silvex، و Nu-set. وهو يستعمل فى منع تساقط ثمار التفاح قبل الحصاد.

١١- سى بى أى CPA (أو 3-CPA)

يعرف CPA — كيميائيًّا — باسم:

2-(3-chlorophenoxy) propanoic acid

ومن تحضيراته التجارية Fruitone CPA. وهو يستعمل فى إنتاج الأناناس، لتنظيم النمو، وزيادة حجم الثمار، وتنظيم الحصاد.

١٢- منظم النمو 2-(3-Chorophenoxy) propionic acid

يستعمل فى إسقاط أوراق الخوخ والنكتارين.

١٣- منظم النمو تراى أيودو حامض البنزويك Triodobenzoic acid (اختصارًا: TIBA)

يستعمل TIBA فى تحفيز الإزهار المبكر والإثمار فى بعض النباتات، وربما يغير من مساحة الأوراق، وشكلها، وتوجهها، وكذلك توجه الفروع (عن Rappaport ١٩٧٧).

الجبريللينات

توجد الجبريللينات Gibberellins فى الطبيعة كهرمونات، كما تحضر صناعيًا. وتستعمل كمنظمات نمو. ويزيد عدد الجبريللينات المعروفة على ٨٠ نوعًا (عن Strange ١٩٩٣).

استعمالات الجبريللينات

تستخدم الجبريللينات فى عديد من الأغراض الزراعية الهامة؛ منها ما يلى:

١- زيادة طول الساق.

٢- التغلب على التقزم الوراثى والفسيولوجى.

٣- تشجيع الإزهار فى النباتات ذات الحولين التى تحتاج إلى معاملة الارتباع لكى تزهر، وكذلك فى نباتات النهار الطويل.

٤- تشجيع عقد الثمار وزيادة حجمها، كما فى الباذنجانيات.

٥- تشجيع العقد البكرى.

٦- التغلب على سكون البراعم وتشجيع نمو البراعم الجانبية.

٧- التغلب على سكون البذور، كما فى الخس.

٨- تشجيع النمو فى درجات الحرارة الأقل من الدرجة المثلى.

٩- إنتاج الأزهار المذكرة فى أصناف الخيار الأنثوية gyneocious بالمعاملة بحامض الجبريلليك بتركيز ١٠٠٠-١٥٠٠ جزء فى المليون.

١٠- إنتاج أسدية وحبوب لقاح خصبة فى نباتات الطماطم العقيمة الذكر بالمعاملة بحامض الجبريلليك بتركيز ٣٠٠-٥٠٠ جزء فى المليون.

١١- التخلص من سكون درنات البطاطس الحديثة الحصاد، وإمكان زراعتها بعد الحصاد مباشرة بالمعاملة بحامض الجبريلليك بتركيز ١-٢ جزء فى المليون. كما أن هذه المعاملة تلغى السيادة القمية إلى حد كبير.

١٢- تشجيع نمو الكرفس فى الجو البارد بالمعاملة بحامض الجبريلليك بمعدل ١٥,٥ جم للفدان.

١٣- التبكير فى إنتاج الخرشوف، برش النباتات بتركيز ٢٥-٥٠ جزءًا فى المليون قبل بدء تكوين النورات الزهرية.

١٤- تخليص الروبارب من الحاجة إلى البرودة بالمعاملة بحامض الجبرلليك بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون فى حالة عدم تعرض النباتات للبرودة كلية، أو بتركيز ٢٥٠ جزءًا فى المليون فى حالة تعرض النباتات للبرودة جزئيًّا. تؤدى المعاملة إلى زيادة عدد السيقان، والمحصول، وجودته.

١٥- زيادة طول أعناق الأوراق فى الكرفس، والروبارب، وزيادة طول السيقان فى الكرسون المائى.

١٦- سرعة إنبات بذور الفاصوليا والذرة السكرية.

١٧- تحفز الجبرللينات إنزيمات الـ hydrolases، وخاصة إنزيم α-amylase فى طبقة الأليرون فى الحبوب النابتة؛ الأمر الذى يشكل الأساس لأحد الاختبارات الحيوية الهامة فى دراسات الجبرللين.

الجبرللينات الهامة

من المؤكد أن لكل واحد من الجبرللينات التى تم عزلها دوره الذى يلعبه كهرمون طبيعى، ولكن المستخدم منها فى الأغراض الزراعية قليل للغاية. ويبين شكل (١٩-٥) التركيب الكيميائى لستة من الجبرللينات الأكثر استعمالاً.

ومن أهم الجبرللينات المستعملة فى الإنتاج الزراعى ما يلى:

١- حامض الجبرلليك Gibberellic Acid

يعتبر حامض الجبرلليك أول الجبرللينات التى اكتشفت فى النبات، وأكثرها تواجدًا فيه، وهو يعرف بالرمز GA_3، أو — اختصارًا — بالرمز GA.

ويتوفر حامض الجبرلليك فى عديد من التحضيرات التجارية؛ نذكر منها:

Geku-Gib	Gib-Tabs	Giberllin
Gib-Sol	Brellin	Gibrel
Activol	Berelex	Pro-Gib

Grocel　　　Cekugib　　　Regulex

Floraltone

اكتشف حامض الجبريلليك لأول مرة فى اليابان فى عام ١٩٣٨، ولكن لم تبدأ الدراسات الموسعة عليه إلا فى عام ١٩٥٥.

شكل (١٩-٢) التركيب الكيميائى لبعض الجبريللينات الهامة.

ولحامض الجبريلليك استعمالات تجارية عديدة على الفاكهة (مثل: العنب، والكريز، والليمون الأضاليا، والبرتقال أبو سرة، والبلوبرى)، وعديد من الزهور ونباتات الزينة، والمحاصيل الحقلية (مثل: الشعير، والقمح، وقصب السكر)، ولكننا نتناول بالشرح أهم استعمالاته فى محاصيل الخضر، والتى نوجزها فيما يلى:

أ- الخس:

يستعمل حامض الجبريلليك فى إنتاج بذور الخس؛ بهدف زيادة تجانس الإزهار؛ ومن

ثم زيادة محصول البذور. ترش النباتات ثلاث مرات ابتداء من مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الرابعة، ثم فى مرحلتى تكوين الورقتين الحقيقيتين الثامنة، والثانية عشرة. ويكون الرش كل مرة بتركيز ١٠-٤٠ جزءًا فى المليون. تفيد هذه المعاملة فى زيادة تجانس إزهار الأصناف ذات الرؤوس المندمجة؛ مثل جريت ليكس Great Lakes.

ب- البطاطس:

يستعمل حامض الجبرلليك فى كسر سكون تقاوى البطاطس وتحفيز نمو براعمها. تغمر الدرنات المستعملة كتقاوٍ فى محلول حامض جبرلليك بتركيز ٠,١-١,٠ جزء فى المليون قبل زراعتها مباشرة. ويسمح ذلك بزراعة البطاطس فى الموعد المناسب لها قبل انقضاء الفترة الطبيعية لانتهاء حالة السكون، والتى تستغرق — عادة — من شهرين إلى ستة شهور.

جـ - الكرفس:

يستعمل حامض الجبرلليك فى زيادة طول أعناق أوراق النبات. وتجرى المعاملة قبل الحصاد بنحو أسبوع واحد إلى أربعة أسابيع.

د — الخرشوف:

يستعمل حامض الجبرلليك — الذى ترش به النباتات خلال فصل الشتاء — بهدف التبكير فى الإنتاج وزيادة المحصول.

هـ - الفاصوليا، والبسلة، وفاصوليا الليما:

تعامل به البذور بهدف إسراع إنباتها.

و — الروبارب:

يستعمل حامض الجبرلليك بهدف زيادة المحصول. تعامل تيجان النباتات خلال ٢٤ ساعة من نقلها إلى بيوت الإنتاج المتحكم فيها.

ز- الخيار:

يستعمل حامض الجبرلليك بهدف إنتاج أزهار مذكرة فى السلالات الأنثوية — المستخدمة فى إنتاج الهجن التجارية — لأجل إكثارها.

كذلك يُستفاد من المعاملة بحامض الجبرلليك في بعض محاصيل الخضر، كما يلي:

المحصول	الهدف من المعاملة	توقيت المعاملة	التركيز المناسب	
			جزء في المليون	عدد الأقراص[أ]/١٠٠ لتر ماء
الخرشوف	تبكير المحصول	بداية من مرحلة تكوين ٥–١٠ ورقات ويكرر الرش ٢–٣ مرات بين كل رشة وأخرى ٣ أسابيع	٢٠–٣٠	٢–٣
	زيادة المحصول	بداية من تكوين أول نورة، ويكرر الرش كل ٣ أسابيع حتى الانتهاء من الحصاد	٢٠–٣٠	٢–٣
الفراولة	تبكير المحصول	بعد شهرين من الزراعة	٢٠–٣٠	٢–٣
	زيادة عدد المدادات	بداية من الإثمار ويكرر الرش مرتات بين كل رشة وأخرى ١٥ يومًا	٣٠	٣
الطماطم	تشجيع الإزهار والعقد في الطماطم المصابة بفيرس التفاف الأوراق الأصفر	بداية من ظهور الإصابة الفيروسية ويكرر كل ١٥ يومًا إذا لزم الأمر	٢٠	٢
الفاصوليا	زيادة المحصول	في بداية مرحلة الإزهار ويكرر الرش بعد ٣ أسابيع	٥–١٠	١/٢–١
الفلفل	إطالة فترة الإثمار	بعد الجمع ثم كل ٢–٣ أسابيع	١٠–٢٠	١–٢
الخيار	زيادة المحصول	بعد الحصاد ثم كل أسبوعين	١٠–٥٠	١–٥

(أ) عندما يحتوى القرص الواحد على جرام واحد من حامض الجبرلليك.

٢- برو – جب ٤٧ Pro-Gibb 47

برو – جب منتج تجارى عبارة عن مخلوط من كل من Gibberellin A_4 و Gibberellin A_7، ويرمز للمخلوط – وليس لهذا المنتج التجارى – بالرمز $GA_{4/7}$.

يستعمل هذا المركب فى إنتاج بذور هجن الخيار؛ حيث ترش به النباتات بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون عندما يصل عرض الورقة الحقيقية الأولى إلى نحو ٢-٣ سم، ثم يكرر الرش بعد خمسة أيام وعشرة أيام أخرى من الرشة الأولى.

يؤدى الرش إلى حمل سلالات الخيار الأنثوية لأزهار مذكرة؛ ولذا .. ترش به خطوط نباتات السلالة المستعملة كأب، والتى تزرع بعد كل خطين أو ثلاثة خطوط من نباتات السلالة المستعملة كأم فى الهجن.

٣- الجبرسكول Gibrescol

الجبرسكول تحضير تجارى يحتوى على كل من Gibberellin A_1، و Gibberellin A_2، وهو يأخذ الرمز $GA_{1/2}$ (عن Luckwell ١٩٨١).

٤- البرومالين Promaline

البروالين هو مخلوط من كل من benzylamino purine، و GA_4، و GA_7. ومن تحضيراته التجارية: ABG-3001، و Promalin.

وليس للبرومالين – حاليًّا – استعمالات تجارية فى محاصيل الخضر؛ حيث يقتصر استعماله على التفاح؛ بهدف زيادة حجم ووزن الثمار، وزيادة المحصول.

السيتوكينينات

توجد عديد من السيتوكينينات Cytokinins الطبيعية فى النبات. وقد اكتشف الكينتين Kinetin أولاً، وتلاه اكتشاف الزياتين Zeatin الذى عزل من نبات الذرة، وأعقب ذلك عزل الزياتين وسيتوكينينات أخرى من يرقة حشرة *Dryocosmos kuriphilus* (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

أهمية السيتوكينينات واستعمالاتها

تلعب السيتوكينينات دورًا هامًا فى الحالات التالية:

١- تحسين عقد الثمار. وتستخدم لهذا الغرض فى القاوون.

٢- تأخير الشيخوخة، وإطالة فترة تخزين الخضر الورقية؛ لأنها تعمل على احتفاظ الأوراق والسيقان بالكلوروفيل. وتستخدم لهذا الغرض فى الخس.

٣- خفض معدل التنفس فى الكرنب، والبروكولى، والأسبرجس وغيرها فى درجة حرارة الغرفة، ويؤدى ذلك إلى إطالة فترة احتفاظها بنضارتها لعدة أيام. ويؤدى غمس هذه الخضر فى محلول سيتوكينين بتركيز ٥-١٠ أجزاء فى المليون إلى خفض معدل التنفس بقدر مماثل لما يحدث عند خفض درجة حرارة التخزين إلى ٥,٦ °م.

٤- التغلب على السكون الحرارى فى بذور الخس (Wittwer ١٩٦٨).

٥- تعمل السيتوكينينات على تحفيز انقسام الخلايا وزيادتها فى الحجم فى أنسجة الكالوس.

هذا .. وينظم السيتوكينين الأنسجة الميرستيمية فى القمم النامية لكل من السيقان والجذور، وللتعرف على التفاصيل المتعلقة بهذا الدور .. يراجع Kyozuka (٢٠٠٧).

السيتوكينينات الهامة

يوضح شكل (١٩-٦) التركيب البنائى لبعض السيتوكينينات الهامة، سواء أكانت طبيعية، أم محضرة صناعيًا. كما يبين شكل (١٩-٧) التركيب البنائى لبعض المركبات المحضرة صناعيًا، والتى تُظهر نشاطًا مماثلاً لنشاط السيتوكينينات، ولكن ينقصها البيورين.

ومن أهم السيتوكينينات ما يلى:

١- الأدنين Adenine.

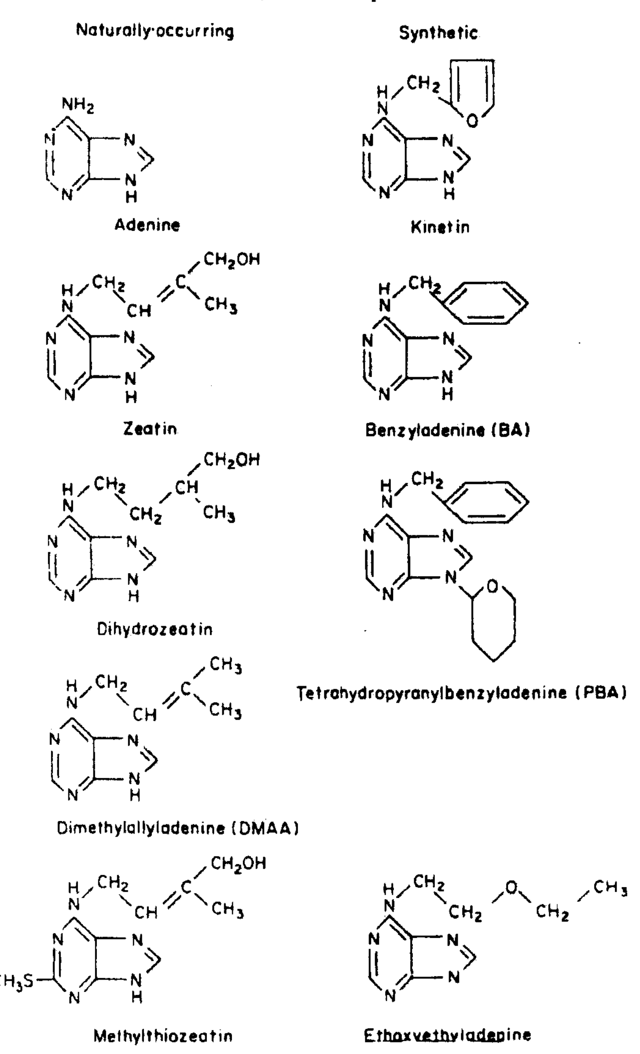
٢- الكاينتين Kinetin:

يعرف الكاينتين — كيميائيًا — باسم 6-furfurylaminopurine.

٣- الزياتين Zeatin:

يعرف الزياتين – كيميائيًّا – باسم:

6-(4-hydroxy-3-methylbut-2-enyl)-aminopurine

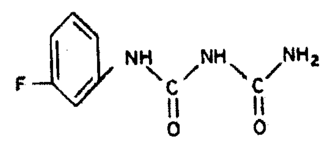


شكل (١٩-٦): التركيب الكيميائي لبعض الستوكينينات، التي تحتوي في تركيبها على البيورين Purine.

Benzylaminobenzimidazole

Chlorophenylphenylurea

Benzthiazolyloxyacetic acid



Fluorophenylbiuret

شكل (١٩-٧): التركيب الكيميائى لبعض المركبات المحضرة صناعيًا، والتى تُظهر نشاطًا مماثلاًلنشاط السيتوكينينات، ولكن ينقصها البيورين.

٤-البنزيل أدنين Benzyladenine

يعرف البنزيل أدنين — كيميائيًا — باسم N-6-benzylaminopurine: ويستخدم البنزيل أدنين فى تحفيز التفريع الجانبى.

٥- أسيل Aceel

يحمل السيتوكينين أسيل الاسم الكيميائى:

N-(phenylmethyl)-9(tetra-hydro-2H-pyran-2-yl)-9H-purine-6-amine

وهو يعرف تجاريًا بنفس الاسم.

يقتصر استعمال منظم النمو أسيل — حاليًا — على الزهور ونباتات الزينة؛ حيث يستخدم بهدف زياة التفريع وإنتاج نباتات قصيرة وقوية، وزيادة الإزهار، وتحسين شكل الأشجار والشجيرات.

٦- سيتكس Cytex، أو سيتوكينين Cytokinin

يعد هذا التحضير التجارى خليطًا من السيتوكينينات، معظمها شبيهة بالزياتين

Zeatin، وهو مستخلص من الطحالب البحرية، ويعادل فى قوة نشاطه البيولوجى ١٠٠ جزء فى المليون كينتين.

وهو يستعمل بهدف زيادة المحصول، حيث استخدم فى إنتاج الطماطم، والبطاطس، ومع الفاكهة (مثل: الموالح، والخوخ)، والمحاصيل الحقلية (مثل: القطن، وبنجر السكر).

تكون المعاملة بالسيتكس رشًا قبل مرحلة الإثمار مباشرة، أو فى بدايتها.

٧- السيتوكينين CPPU

يعد السيتوكينين 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (اختصارًا: CPPU) من منظمات النمو المحضرة صناعيًا، والتى استخدمت فى زيادة معدل نمو ثمار العنب ومنع سقوطها، وزيادة أحجام ثمار الكمثرى والكيوى، وزيادة عقد ثمار القاوون. كما أوضحت دراسات Hayata وآخرون (١٩٩٥) أن هذا السيتوكينين يزيد عقد ثمار البطيخ ويؤدى إلى تكوين ثمار بكرية دون أن يؤثر سلبيًا على نمو الثمرة أو جودتها.

٨- منظم النمو AC 243,654

يعتبر المركب التجارى AC243,654، الذى يحمل الاسم الكيميائى 1-(m)-methoxybenzyl-3-nitroguanidine ممثلاً لعائلة جديدة من منظمات النمو ذات النشاط المشابه لنشاط السيتوكينينات. وقد أحدثت معاملة نباتات البطاطس به (بمعدل ١-٤ كجم للهكتار بعد أسبوعين من الإنبات) التأثيرات التالية:

أ- تحفيز النمو الخضرى والتفريع، وزيادة عدد السيقان الجارية المتكونة.

ب- زيادة الوزن الجاف للنباتات عند الحصاد؛ بسبب تأخر وصولها إلى مرحلة الشيخوخة.

جـ- تقليل عدد الدرنات التى تهيأت للتكوين، ونقص عدد الدرنات الصغيرة الحجم المتكونة، ولكن مع زيادة عدد الدرنات الكبيرة الحجم والمحصول الكلى (Pavlista ١٩٩٣).

مثبطات النمو

توجد مثبطات النمو Growth Retardants فى الطبيعة، كما حُضِّرَ كثير منها صناعيًا، واستعملت كمنظمات للنمو.

التأثيرات العامة لمثبطات النمو

من أهم التأثيرات المعروفة لمثبطات النمو ما يلى:

١- إضعاف فعل الجبريللين، والحد من نمو السيقان، وتقصير طول السلاميات، وزيادة سمك الساق دون إحداث أية تأثيرات غير مرغوبة على الأعضاء الأخرى.

٢- تقليل النمو الخضرى وزيادة نسبة الجذور إلى القمة النامية.

٣- زيادة دكنة اللون الأخضر للأوراق.

٤- زيادة مقاومة النباتات، وتحملها لظروف الملوحة والجفاف وتلوث الهواء الجوى.

التقسيم العام لمثبطات النمو

تنتمى مثبطات النمو إلى عدة مجموعات كيميائية، نذكر منها ما يلى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨):

Nicotiniums	Substiuted Cholines	Succinamic Acids
Hydrzines	Ancymidol	Quartenary Ammoniums
		Phosphoniums

مثبطات النمو الهامة

من أهم مثبطات النمو المستعملة تجاريًا ما يلى:

١- دامينوزايد Daminozide

يعرف الدامينوزايد بالأسمين الكيميائيين Butanedioic acid mono-(2,2-dimethylhydrazide)، و Succinic acid 2,2-dimethydrazide.

ومن تحضيراته التجارية المعروفة كلٌّ من:

Aminocide	Kylar	B995	B-Nine	Alar

ويعطيه بعض الباحثين الرمز SADH.

وأبرز تحضيراته التجارية الألار، وهو ٨٥٪ مسحوقًا قابلاً للبلل.

ولقد منع استعمال الألار فى كثير من دول العالم بسبب اكتشاف تأثيره المسبب لمرض السرطان، ولكنه كان يستعمل قبل ذلك فى عديد من الفاكهة (مثل: الكريز، والخوخ، والنكتارين، والكمثرى، والعنب، والتفاح)، كما استعمل فى إنتاج الفول السودانى، وما زال مستعملاً فى عديد من الزهور ونباتات الزينة.

ومن تأثيرات الألار فى محاصيل الخضر — والتى أوقف تطبيقها فى عديد من دول العالم — ما يلى:

أ- تؤدى معاملة نباتات البطاطس بالألار بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون إلى تقليل النمو الخضرى وتوجيه الغذاء نحو تكوين الدرنات.

ب- تؤدى معاملة الطماطم بالألار بتركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون فى المراحل المبكرة من النمو حتى الورقة الرابعة إلى زيادة نسبة العقد، كما استخدم فى الحد من نمو الشتلات فى المشاتل.

جـ- تؤدى معاملة الكرنب بالألار بتركيز ٦٢٥ جزءًا فى المليون إلى تشجيع الإزهار، وبتركيز ٦٢٥-٥٠٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة المقاومة للصقيع، وبتركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون إلى منع الإزهار كلية.

د- تشجيع تكوين الخلفات فى الفول الرومى.

هـ- تأخير ذبول واصفرار أوراق الخس بعد الحصاد.

و- زيادة عقد الثمار والمحصول فى الفاصوليا، كما تصبح النباتات المعاملة أقوى وأكثر اندماجًا. وأفضل وقت للمعاملة هو فى مرحلة الإزهار التام عند تفتح ٥٠٪ من الأزهار على الأقل. ويجب أن تكون النباتات نامية بحالة جيدة وقت المعاملة، وأن تتراوح درجة الحرارة بين ١٦ْم و ٢٥ْم. وأنسب تركيز من الألار هو ٠,١٥٪.

ز- تؤدى معاملة القاوون بالألار إلى زيادة عدد الأزهار، وإنتاجها على أفرع قصيرة؛ فيكون النبات مندمجًا. تجرى المعاملة عندما تكون النباتات قوية النمو. هذا .. وتكون المعاملة الأولى بتركيز ٠,١٪ والثانية بتركيز ٠,٠٥٪.

حـ- تؤدى معاملة الفلفل والباذنجان بالألار إلى زيادة عقد الثمار والمحصول بنسبة ٢٠٪، وتجعل النباتات أقوى وأقصر. تجرى المعاملة فى مرحلة الإزهار التام عند تفتح ٥٠٪ من الأزهار بتركيز ٠,١٥٪. ويجب أن تكون النباتات بحالة جيدة وقت المعاملة. ودرجة الحرارة تتراوح بين ١٦ و ٢٥°م (من كتالوج لشركة Uniroyal).

ط- تؤدى معاملة نباتات الكرنب بروكسل بالألار إلى تركيز ظهور الكرينبات على مسافة من الساق أقصر مما تكون عليه الحال بدون المعاملة. وتجرى المعاملة — وهى بديل لقطع القمة النامية للنباتات — بغرض الحصاد الآلى (Ware & MaCollum ١٩٧٥) عندما يبلغ قطر ساق النبات ١,٢-١,٨ مم.

٢- مثبط النمو UNI-F 529

يعرف — كيميائيًا — باسم N-pyrrolidino-succinamic acid، ولهذا المركب نفس تأثير الألار، ولكنه يستعمل فى الظروف التى تكون فيها الحرارة مرتفعة نسبيًا (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨).

٣- كلورمكوات Chlormequat

يعرف الكلورمكوات بالاسم الكيميائى:

(2-Chloroethyl)-trimethyl-ammonium chloride

ومن الأسماء التجارية التى يعرف بها: CCC، و Cycocel، و Cycogan، و Arotex-Ectra، و Bettaquat-B، و Barleyquat-B، و Titan.

تؤدى المعاملة بالكلورمكوات إلى جعل النباتات أكثر اندمجًا. وهو يستخدم فى بعض دول العالم لزيادة تفريع النجيليات (مثل القمح) وعدم رقادها (بزيادة سمك الساق)؛ مما يؤدى إلى زيادة المحصول. وليس له من تأثير على الطماطم سوى إحداث تقزم بالنباتات.

٤- أنسيميدول Ancymidol:

يعرف الأنسيميدول كيميائيًا بالاسم:

α-cyclopropyl-α-(4-methoxyphenyl)-5-pyrimidinemethanol

ومن تحضيراته التجارية El-531، و Quel، و Reducymol، و A-Rest.

وتقتصر استعمالاته حاليًا على الزهور ونباتات الزينة؛ حيث يستعمل كمثبط للنمو تزيد قوته بمقدار ٤٠٠–٨٠٠ ضعف عن أى من مثبطات النمو التى سبق بيانها. تؤدى المعاملة به إلى تقصير السلاميات، وأعناق الأوراق، والأزهار. وهو يستعمل — عادة — عن طريق التربة.

٥- أمو ١٦١٨ Amo 1618

يعرف هذا المركب كيميائيًّا باسم:

Dimethylamino-5-methylphenyl-1-piperdine carboxylate methyl chloride

يفيد هذا المركب كثيرًا فى إحداث تقزم ببعض النباتات، ولكنه لا يستخدم تجاريًّا نظرًا لتوفر مركبات أخرى أقل منه تكلفة.

٦- الفوسفون Phosphon

يعرف الفوسفون بالاسم الكيميائى:

2,4-dichlorobenzy tributyl phosphonium chloride

يفيد الفوسفون فى إحداث تقزم بالنباتات، ولكن تأثيره يدوم فى التربة وعلى النباتات.

٧- بكلوبترازول Paclobutrazol

يفيد فى تقصير السلاميات، ومن تحضيراته التجارية ما يعرف باسم بونزى Bonzi، الذى قد يستعمل إما رشًّا على النمو الخضرى، وإما مع ماء الرى. وهو يفيد فى حماية النباتات من ظروف الحرارة العالية، والبرودة والجفاف.

٨- يونى كونيزول Uniconizole

يفيد فى تقصير السلاميات، ومن تحضيراته التجارية ما يعرف باسم سوماجك Sumagic. وهو يستعمل كذلك إما رشًّا على النموات الخضرية، وإما عن طريق التربة. وهو يفيد فى حماية النباتات من التغيرات الحادة فى درجات الحرارة.

٩- مفليودايد Mefluidide

يؤثر فى تمثيل حامض الأبسيسيك، حيث وجدت زيادة كبيرة فى تركيز الحامض فى الذرة لدى معاملة النباتات بالمفليودايد، حتى فى الظروف البيئية المناسبة.

تستعمل منظمات النمو الثلاثة الأخيرة رشا على النباتات بتركيزات تتراوح بين ٢٠ إلى ١٠٠ جزء فى المليون؛ حيث تجعل النباتات أكثر قدرة على تحمل البرودة. وقد وجد أن معاملة نباتات الفلفل بأى منها يقى الثمار – الخضراء والحمراء – التى تحصد بعد المعاملة بثمانية أسابيع من أضرار البرودة عند تخزينها على حرارة ٢ْم لمدة أربعة أسابيع (Lurie وآخرون ١٩٩٥).

١٠– البروهكساديون–كالسيوم Prohexadione-Ca

يعد البروهكساديون–كالسيوم من مثبطات النمو التى يُستفاد منها فى إنتاج الفاكهة – خاصة المتساقطة الأوراق – إلا أنها قليلة الاستخدام فى إنتاج الخضر.

وقد وجد أن رش الفراولة خلال سنة الزراعة بالبروهكساديون – كالسيوم فى ظروف النهار الطويل بالمناطق الشمالية – يؤدى إلى تقليل تكوين المدادات وزيادة محصول الثمار (Hytonen وآخرون ٢٠٠٨).

الإثيلين

يعد الإثيلين Ethylene من أهم الهرمونات الطبيعية التى تسرع الوصول إلى حالة الشيخوخة، كما يحدث – مثلاً – عند نضج الثمار؛ وبذا .. فهو يعد من مثبطات النمو، ولكننا نذكره منفردًا؛ لما له من أهمية كبيرة فى النبات.

وتقوم النباتات بتمثيل الإثيلين من المثيونين methionine عن طريق كل من:

S-adenosylmethionine (SAM)

1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)

(عن Strange ١٩٩٣).

أهم منظمات النمو المنتجة للإثيلين

١– الإثيفون Ethephon:

يعرف الإثيفون بالاسم الكيميائى (2-chloroethyl) phosphonic acid، واختصارًا بـ CEPA.

ومن التحضيرات التجارية للإثيفون Amechem 66-329، و Ethrel، و Florel، و Etheverse، و Prep، و Cerone.

يعتبر الإثيفون أهم منظمات النمو المنتجة للإثيلين Ethylene. وقد تم تخليقه عام ١٩٤٦، لكن لم تعرف كيفية إنتاج الإثيلين منه إلا في عام ١٩٦٣، ومن المعروف الآن أن الإثيفون يعطى عند تحلله أيونات الكلور والفوسفات وغاز الإثيلين؛ وبذلك فإن معاملة النباتات بالإثيفون تحقق المعاملة بالإثيلين دون ما حاجة إلى وضعها في حيز مغلق لمنع تسرب الغاز.

وقد سُجَل استعمال الإثيفون على عديد من المحاصيل البستانية (من الفاكهة والخضر والزينة) والحقلية؛ لأجل أهداف متنوعة؛ مثل إسراع النضج وتجانسه وتحسين تلون الثمار في التفاح والكريز، والعنب، وإسراع تفتح لوزات القطن الناضجة، ومنع رقاد محاصيل الحبوب، وتحفيز انسياب اللبن النباتي latex في المطاط، إلا أننا نقصر مناقشتنا على استعمالات الإثيفون في مجال الخضر.

ومن أهم تأثيرات واستعمالات الإثيفون في مجال الخضر ما يلي:

أ- تُحْدِث المعاملة بالإثيفون تقزمًا دائمًا أو مؤقتًا لفترات مختلفة في النباتات المعاملة، ويتوقف ذلك على المحصول، والتركيز المستخدم، ومرحلة النمو التي تجرى فيها المعاملة؛ فيقل النمو الخضرى في عديد من الخضروات عند رشها بالإثيفون بتركيز ١٢٥-١٠٠٠ جزء في المليون، كما في الذرة السكرية، والفاصوليا الخضراء، والباذنجان، والبسلة، والفلفل، والطماطم وغيرها (Millar وآخرون ١٩٦٩).

ب- يسرع الإثيفون من تكوين طبقة الانفصال بالأوراق والثمار، وينظم تكوينها في الإزهار والثمار غير العاقدة؛ وبذلك فهو يفيد في إجراء عملية الخف.

جـ- يؤدى غمس جذور البطاطا المستعملة في زراعة المشاتل في محلول الإثيفون (بتركيز ٤٠٠٠ جزء في المليون لمدة ١٥ دقيقة قبل زراعتها) إلى إحداث زيادة جوهرية في عدد الشتلات المنتجة منها.

د- يؤدى نقع بذور الفراولة الساكنة فى محلول إثيفون (بتركيز ١٠٠٠، و ٢٥٠٠، و ٥٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤ ساعة) إلى إنباتها بنسبة ٣٠٪، و ٥٠٪، و ٩٠٪ على التوالى، بالمقارنة بإنبات قدره ٢٠٪ فى البذور غير المعاملة.

هـ- يؤدى رش البصل بالإثيفون بتركيز ٥٠٠-١٠٠٠٠ جزء فى المليون وهو فى طور الورقة الحقيقية الرابعة حتى الخامسة، مع تكرار الرش أسبوعيًّا لمدة ٣-٥ أسابيع إلى إسراع تكوين الأبصال وزيادة معدلات تكوينها وإسراع نضجها.

و- تؤدى معاملة درنات البطاطس المستعملة كتقاو بالإثيفون بغمسها لمدة دقيقتين فى محلول بتركيز ١٠-٢٥ جزءًا فى المليون، أو رش النموات الخضرية عدة رشات بتركيز ٢٥-٢٢٥ جزءًا فى المليون مع بداية النمو الخضرى حتى الإزهار إلى زيادة عدد الدرنات المتكونة، وصغر حجمها، دون التأثير على المحصول الكلى. وتفيد هذه المعاملة عند الرغبة فى إنتاج حجم صغير من درنات البطاطس لاستعمالها كتقاو، أو فى التعليب.

ز- يؤدى رش نباتات القرعيات مرة أو مرتين بالإثيفون (بتركيز ١٢٥-٢٥٠ جزءًا فى المليون خلال مراحل نمو الورقة الحقيقة الأولى حتى الخامسة) إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسب الأزهار المؤنثة أو الخنثى، بينما يقل ظهور الأزهار المذكرة على الـ ١٥ عقدة الأولى، وتعود النباتات إلى حالتها الطبيعية فى الإزهار بعد ذلك. ويتبع ذلك زيادة المحصول المبكر والكلى، خاصة فى بعض أصناف الخيار والكوسة (de Wilde ١٩٧١).

وقد أدى رش الكوسة *C. pepo* بالإثيفون بتركيز ٥٠ جزء فى المليون إلى زيادة تكوين الأزهار المؤنثة ومنع تكوين الأزهار المذكرة، بينما أدى الرش بالجبريللين بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون أو نترات الفضة بتركيز ٢٠٠-٣٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة تكوين الأزهار المذكرة ومنع تكوين المؤنثة. كان الرش فى كل الحالات فى مرحلة تكوين الأوراق الفلقية، وكانت استجابة الأصناف المختلفة متشابهة. وأدت زيادة تركيز الإثيفون إلى ١٠٠ جزء فى المليون إلى الإضرار بالنباتات أو موتها، كما أحدثت

المعاملة بالجبريللين بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون نموًّا خضريًّا زائدًا (Cheng وآخرون ٢٠٠٢).

ح- أفادت المعاملة بالإثيفون في التخلص نهائيًّا من مرض فسيولوجي يظهر في البطاطس، ويسمى التبقع البني الداخلي Internal Brown Spot، أو Chocolate Spot، وذلك بمعاملة النباتات بتركيز ٢٠٠ جزء في المليون ابتداء من بعد الزراعة بخمسة أسابيع، مع تكرار الرش أربع مرات بعد ذلك كل أسبوعين. وقد أدى الرش مرة واحدة بتركيز ٢٠٠-٦٠٠ جزء إلى مكافحة هذا المرض الفسيولوجي بنسبة ٩٨٪-٩٩٪.

ط- يستخدم الإثيفون في إسراع نضج ثمار الطماطم المنتجة لغرض الاستهلاك الطازج برش النبات بتركيز ٢٥٠-٥٠٠ جزء في المليون، بعد التلقيح بفترة قصيرة حتى مرحلة اكتمال نمو الثمار وهي خضراء وقبل ظهور أية علامة على تلونها.

كما تفيد المعاملة بالإثيفون في تركيز نضج الثمار في أصناف التصنيع؛ وبذلك تزيد كفاءة الحصاد الآلي الذي يتم مرة واحدة. ويجرى ذلك برش النباتات بالإثيفون بمعدل ٩٠-٥٥٠ جم للفدان، على أن يكون الرش عندما تبلغ نسبة الثمار التي بها أية درجة من التلوين من ١٪-٢٥٪. ويتم الحصاد بعد نحو ٢-٣ أسابيع من المعاملة.

وقد أدت المعاملة المبكرة للطماطم بالإثريل بتركيز ١٠٠ جزء في المليون إلى زيادة فترة انقسام خلايا الثمرة، وزيادة حجمها النهائي، وزيادة محصول الثمار مع تأخير في النضج (Atta-Aly وآخرون ١٩٩٩).

ك- تؤدي معاملة نباتات القاوون بالإثيفون بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون قبل أول جمعة بنحو ١-٢ يوم إلى تبكير وتركيز نضج باقي الثمار.

ل- تؤدي معاملة نباتات الفلفل الشيلي Chili والبيمنتو Pimiento، بالإثيفون (بتركيز ٢٥٠-١٢٠٠ جزء في المليون رشا على النباتات عندما تبدأ الثمار في التلون باللون الأحمر المخضر، أو بعد أول حصاد للثمار الحمراء بفترة قصيرة) إلى التبكير

فى التلون وزيادة محصول الثمار فى حالة إجراء الحصاد مرة واحدة. ويؤدى الرش بتركيز ١٢٠٠ جزء فى المليون إلى سقوط بعض الأوراق والثمار مبكرًا. ومن جهة أخرى .. يؤدى غمس ثمار الفلفل البيمنتو الخضراء المكتملة النمو فى محلول إثيفون بتركيز ١٠٠٠–٥٠٠٠ جزء فى المليون بعد الحصاد إلى تلون الثمار بلون أحمر متجانس.

م– يستعمل الإثيفون فى تجريد نباتات الفاصوليا الخضراء من الأوراق قبل الحصاد برشها بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون قبل الحصاد بنحو ٣–٥ أيام. ولهذه المعاملة أهمية خاصة فى الحالات التى يكون فيها النمو الخضرى غزيرًا.

ن – يمكن إسقاط أزهار الطماطم عند الرغبة فى ذلك برش النباتات بالإثيفون بتركيز ١٠٠–٥٠٠ جزء فى المليون (Amer. Soc. Hort. Sci ١٩٧٠).

ش– يؤدى رش بادرات الطماطم والفلفل بالإثيفون قبل شتلها إلى سرعة تجديد الجذور وسرعة التغلب على صدمة الشتل.

هذا .. ويستخدم الإثيفون تجاريًا فى الأغراض التالية (عن Read ١٩٨٢):

المحصول	الهدف من الاستخدام
الخيار والكوسة	تحوير الجنس لتسهيل إنتاج بذور الهجن
الكنتالوب	زيادة الأزهار المؤنثة وزيادة المحصول، وإسراع النضج وحث انفصال الثمار
الطماطم	زيادة المحصول المبكر بحث النضج – إسراع النضج فى نهاية فترة الحصاد – تركيز النضج لأجل الحصاد الآلى – زيادة تجانس النضج
الفلفل	تحسين تجانس التلوين – تركيز الحصاد – تجانس النضج
البصل	منع تزريع البصيلات فى المخازن – منع رقاد الشماريخ الزهرية فى حقول إنتاج البذور

٢– الإثيلين Ethylene

يُعد غاز الإثيلين المحضَّر صناعيًا – ذاته – من منظمات النمو الهامة. وهو يستعمل فى إنضاج الموز، والحمضيات، وشهد العسل honeydew (إحدى مجموعات القاوون)، والكمثرى.

والأناناس، والطماطم. كما يستعمل فى تحفيز إزهار الأناناس. وتحقن بـه التربـة لتحفيـز إنبـات بذور بعض النباتات الزهرية المتطفلة؛ حيث يمكن التخلص منها بسهولة — قبل الزراعة.

٣- ألسول Alsol

الألسول منتج تجارى، يعرف كذلك بالرمز CGA 15281، ويحمل الاسـم الكيميـائى 2-chloroethyl-tris-(2-methoxyethoxy) silane، وينتج الإثيلين عند تحلله.

٤- ريليز Release

ريليز منتج تجارى، يعرف كذلك بالرمز CMNP، ويحمل الاسم الكيميائى 5-chloro-3-methyl-4-nitro-1 H-pyrazole، وينتج غاز الإثيلين عند تحلله.

٥- سيكلوهكسيمايد Cycloheximide

من تحضيراته التجارية Acti-aid، ويعرف كذلك بالأسماء CHI، و Actidone. وهـو يحمل الاسم الكيميائى:

3-[-2-(3,5-dimethyl-2-oxycyclohexyl)-2-hydroxyethyl]-glutarmide

وهو ينتج غاز الإثيلين عند تحلله.

٦- جليوكسيم Glyoxime

يعرف الجليوكسيم — كيميائيًّا — باسم Glyoxal dioxime. ومن تحضيراته التجاريـة Pike-Off. وهو ينتج غاز الإثيلين عند تحلله (عن Luckwell ١٩٨١).

ولمزيد من التفاصيل عن الإثيلين واستخداماته فى المجال الزراعى .. يراجع Abeles (١٩٧٣). وللإطلاع على التفاصيل الخاصة بتمثيل الإثيلين والحساسية لـه فـى النباتـات .. يراجع Klassen & Bugbee (٢٠٠٤).

مضادات الإثيلين

يعد المركب 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) مثبطًا لفعل الإثـيلين فـى عديد من أنواع الفاكهـة والخضـر ونباتـات الزهـور، وذلـك عنـد المعاملـة بـه بتركيـزات

منخفضة تتراوح بين ٢,٥ نانوليتر/لتر إلى ١ ميكروليتر/لتر. وتجرى المعاملة بالمركب — عادة — على حرارة ٢٠-٢٥°م، وإن كان من الممكن أن تُجرى على حرارة أقل من ذلك فى بعض المحاصيل. وتكفى — عادة — المعاملة لمدة ١٢-٢٤ ساعة لتحقيق استجابة كاملة. ويؤخذ فى الحسبان عند المعاملة عددًا من العوامل، منها الصنف، ومرحلة التكوين، والمدة التى تنقضى من الحصاد إلى المعاملة، واحتمالات تكرار المعاملة. ويتباين تأثير الـ 1-MCP على المحصول المعامل بخصوص كل من معدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وإنتاج المواد المتطايرة، وتحلل الكلوروفيل، والتغيرات اللونية الأخرى، والتغيرات فى البروتين والأغشية البلازمية، وفقد الصلابة، والحموضة، والسكريات، والعيوب الفسيولوجية. وللتفاصيل المتعلقة بالـ 1-MCP واستعمالاته .. يراجع Blankenship & Dole (٢٠٠٣).

مانعات النمو والمشذبات

تؤدى مانعات النمو Growth Inhibitors والمشذّبات Pinching Agents إلى وقف نمو الأوراق، والسيقان، والأزهار عادة.

ومن أهم مانعات النمو والمشذّبات ما يلى:

١- كلوربروفام Chlorpropham

يعرف الكلوربروفام بالاسم الكيميائى Isopropyl-m-chlorocarbanilate (اختصارًا: CIPC)، وهو من مركبات الكاربامات، ويستعمل كمبيد حشائش، إلا أنه من أهم مانعات النمو؛ لذا .. فإنه صُنِّف ضمن هذه المجموعة.

ومن تحضيراته التجارية المعروفة: Chloro IPC، و Sprout Nip، و Spud-Nic، و Bud-Nip، و Taterpix، و Decco-276EC.

يستعمل CIPC فى منع تزريع درنات البطاطس، وأبصال البصل، وجذور البطاطا فى المخازن.

٢- تنكازين Tencazene

يعرف التنكازين بالاسم الكيميائي 2,3,5,6-tetrachloronitrobenzene (اختصارًا: TCNB). ويعد التنكازين من الهيدروكربونات المكلورة التى تستعمل كمبيد فطرى، ولكنها تستعمل كذلك فى منع التزريع فى المخازن.

من تحضيراته التنكازين التجارية كل من: Fusarex، و Folosan.

يستعمل TCNB فى منع تزريع درنات البطاطس فى المخازن، وكذلك كمبيد فطرى لمنع إصابتها بالعفن الجاف.

٣- الماليك هيدرازيد Maleic Hydrazide

يعرف الماليك هيدرازيد - كيميائيًّا - باسم 6-hydroxy-3-(2H)-pyridazinone (اختصارًا: MH).

ومن التحضيرات التجارية المعروفة للماليك هيدرازيد ما يلى:

Retard	Sucker-Stuff	Maleic Hydrazine
KMH	Royal MH-30	Sprout Stop
Super-Sucker-Stuff	De-Sprout	Sprout Off
Vondalhyde	Stunt-Man	Slo-Gro
Regulox	De-Cut	Maintain-3
Sprout-Stop	Vondrax	Super-Desprout

وللماليك هيدرازيد استخدامات تجارية كثيرة، تعتمد على كونه يوقف انقسام الخلايا تمامًا فى الميرستيم القمى.

ومن أهم تأثيرات الماليك هيدرازيد المرغوب فيها فى المجال الزراعى ما يلى:

أ- يستعمل كمبيد حشائش يمنع نمو الريزومات، والإزهار، وإنبات البذور.

ب- يمنع التزريع والنمو القمى فى الحاصلات المخزنة.

جـ- يمنع الاتجاه نحو الإزهار.

د- يُطيل فترة حياة الأزهار المقطوفة.

هـ- يخفض معدل التنفس فى بنجر السكر.

ز- يزيد نسبة البروتين فى نباتات المراعى، ونسبة السكر فى المحاصيل السكرية.

ح- يُحدث عقمًا ذكريًّا.

ط- يمنع سقوط ثمار بعض النباتات.

ك- يمنع تكون العقد الجذرية عند الإصابة بالنيماتودا.

ومن أهم استعمالات الماليك هيدرازيد فى محاصيل الخضر ما يلى:

أ- منع تزريع البصل فى المخازن:

ترش النباتات قبل حصادها بنحو ١٠-١٥ يومًا، وهى مازالت خضراء، ولكن بعد أن تميل بعض نباتاتها على الأرض.

ب- منع تزريع البطاطس فى المخازن:

ترش النباتات الخضراء الجيدة النمو قبل حصادها بنحو ٤-٦ أسابيع، عندما تكون الدرنات النامية بقطر ٢-٣ سم (Thomson ١٩٨٣).

٤- المورفاكتين Morphactin

يعرف المورفاكتين بالاسم الكيميائى 2-chloroflurenol-9-carbonic acid، ومن تحضيراته التجارية كوربيست Curbiset. يحفز هذا المركب عقد ثمار خيار التخليل بدون تلقيح (عن Wittwer ١٩٨٣).

٥- الكلورفليرينول Chlorflurenol

يعد الكلورفليرينول — كذلك — من المورفاكتينات.

ومن تحضيراته التجارية مركب Maintain (أو CF 125)، وهو يفيد فى وقف النمو النباتى، وإبقاء الوضع على ما هو عليه لمدة من الوقت. وتؤدى تركيزاته العالية إلى تنشيط تكوين طبقة الانفصال ومنع الإزهار. ويعمل على وقف استجابة النباتات للجاذبية الأرضية أو للانتحاء الضوئى.

وقد أفاد استعمال الـ Chlorflurenol فى إسراع تكاثر الفراولة برش التيجان ودفعها للتكاثر، كما أدت رشة واحدة منه بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون — عند تفتح أزهار العنقود الأول فى الطماطم — إلى تحسين العقد فى درجات الحرارة المرتفعة.

٦- دايكيجولاك — صوديوم Dikegulac-Sodium

يعرف هذاالمركب بالاسم الكيميائى:

Sodium salt of 2,3:4,6bis-O-(1-methylethylidene)-alpha-L-Xylo-2-hexulofuranosonic acid

ومن تحضيراته التجارية: أترينال Atrinal، و Ro7-6145/001.

يستعمل المركب كمشذب pinching agent لبعض نباتات الزينة العشبية والشجيرية، ولوقف نمو الأسوجة لفترة محدودة، ولمنع إثمار نباتات الزينة التى لا يرغب فى إثمارها.

٧- إسترات الأحماض الدهنية

تحتوى علىخليط من إسترات الأحماض الدهنية التى يتراوح طول سلاسلها بين ست ذرات كربون واثنتى عشرة ذرة. ومن تحضيراتها التجارية Off-shoot O و Emgard 2077.

٨- الكحولات الدهنية Fatty alcohols

تحتوى على خليط من الكحولات الدهنية التى يتراوح أطوال سلاسلها بين ست ذرات كربون واثنتى عشرة ذرة كربون. ومن تحضيراتها التجارية Off-shoot T، و Royaltac، و Delspray T-148، و Emtrol.

الأبسيسين

الأبسيسين Abscisin هرمون طبيعى. وقد تم تحضيره صناعيًا. وهو الهرمون الذى أطلق عليه اسم الدورمين Dormin، كما أطلق عليه كذلك اسم حامض الأبسيسيك Abscisic Acid (اختصارًا: ABA) أو Abscisin II.

وهو يحفز الإزهار في عديد من النباتات القصيرة النهار، بينما يثبط الإزهار أو يوقف النمو في بعض النباتات الطويلة النهار. كما أنه يؤثر على تكوين الدرنات وشيخوخة الأوراق والسكون، ويزيد من القدرة على تحمل البرودة والصقيع، ويوجد طبيعيًا في معظم النباتات.

وقد وجد أن تركيز حامض الأبسيسيك يزداد تلقائيًا في النباتات لدى تعرضها للظروف القاسية سواء أكانت حرارة عالية، أم حرارة منخفضة، أم ملوحة عالية (Talanova & Titov ١٩٩٤).

وتفيد المعاملة بحامض الأبسيسيك في زيادة قدرة الشتلات على تحمل الشتل، وفي المحافظة على نوعية الشتلات الجيدة عند تخزينها في حرارة ١٥°م أو ٢٠°م؛ حيث لم يَزْدَدْ طول سلاميات شتلات الطماطم والفلفل — في هذه الظروف — عند معاملتها قبل التخزين (وهي نامية في الأصيص) بتركيز ١٠٠ جزء في المليون من حامض الأبسيسيك (Yamazaki ١٩٩٥).

وتُحدث معاملة المحاليل المغذية للمزارع المائية للطماطم بحامض الأبسيسيك تأثيرات متنوعة حسب تركيز الحامض. ففي تركيز ٠,١ جزء في المليون يتحسن النمو النباتي؛ بسبب تحفيز نمو الجذور، حيث يزداد نشاط الأكسدة للـ α-napthylamine بالجذور ويزداد تكوين ونمو الجذور العرضية. وفي تركيز ٠,٥ جزء في المليون يزداد تحمل بادرات الطماطم للبرودة. وفي تركيز ٥ أو ١٠ أجزاء في المليون يحدث تثبيط للنمو النباتي (Takahashi وآخرون ١٩٩٣).

هرمون الإزهار

هرمون الإزهار هو ما يطلق عليه اسم فلوريجين Florigen، وهو هرمون نباتي يعتقد وجوده. ولكنه لم يعزل قط برغم بحث الكثيرين عنه. وبرغم عدم توفر أي دليل مادي على وجود مثل هذا الهرمون، فإنه يفترض وجود مادة تتحكم في نشاط الجينات وتوجيه النمو في القمة الميرستيمية. وهذه المادة يوجد من الأدلة ما يفيد إنتاجها في الأوراق بعد التعرض للمحفزات، كما وجد أنها تمر من خلال أنسجة التحام الطعم مع الأصل (Hanan وآخرون ١٩٧٨).

هرمونات التحكم فى أجهزة النباتات الدفاعية وتحمل عوامل الشدّ البيئى

تلعب هذه الهرمونات — التى تم اكتشافها مؤخرًا — دورًا هامًّا فى تشغيل أجهزة النباتات الدفاعية ضد الإصابات المرضية والحشرية، وهى تشتمل على ما يلى:

١- حامض السلسيلك Salicylic Acid

وهو مركب كيميائى قريب من الأسبرين. عرف العلماء وجود هذا المركب فى النباتات منذ أمد بعيد، ولكن دوره فى الوقاية من مسببات الأمراض لم يكتشف إلا مؤخرًا. فعندما تتعرض النباتات لإصابة مرضية بسلالة ضعيفة من أحد الفطريات، أو البكتيريا، أو الفيروسيات فإنها تبدأ فى الدفاع عن نفسها لمنع انتشار الإصابة، وبحيث تصبح قادرة على مقاومة سلالات أكثر ضراوة من نفس المسبب المرضى. وقد وجد أن حامض السلسيلك هو الذى يعطى كُلَّ النبات الإشارة إلى أن جزءًا منه قد تعرض للإصابة.

٢- الجاسمونات

تنتشر الجاسمونات jasmonates — التى تتضمن حامض الجاسمونك jasmonic acid — فى المملكة النباتية، وتلعب أدورًا عدة، مثل تنظيم تعبير عديد من الجينات، وتنظيم الاستجابات للشدّ والتجريح والإصابات الحشرية والمرضية، وأضرار الأشعة فوق البنفسجية. وللتعرف على كيفية فعلها والإشارات التى تؤثر بها فى مختلف المسارات الأيضية .. يراجع Shan وآخرين (٢٠٠٧).

وقد وجد أن المركب القابل للتطاير مثيل الجاسمونيت Methyljasmonate — الذى يُتحصل عليه من حامض الجاسمونك — يلعب كذلك دورًا فى تشغيل أجهزة النباتات الدفاعية. فعندما يتعرض جزء نباتى للإصابة بإحدى يرقات حشرات الـ Caterpillars .. فإنه يفرز مثيل الجاسمونيت الذى ينبه الأنسجة المجاورة لتشغيل أجهزتها الدفاعية (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

كما يستدل من دراسات Ravnikar وآخرين (١٩٩٣) على أن حامض الجاسمونك ربما يلعب دورًا فى تكوين أعضاء التخزين فى النباتات.

٣- البراسِّينواستيرويدات

توجد البراسِّينواستيرويدات brassinosteroids فى مدى واسع من الكائنات من الدنيئة إلى النباتات الراقية، وهى هرمونات نباتية استيرويدية مؤثرة فى تحفيز نمو وتطور النبات. ويتحور أيضً البراسِّينواستيرويدات فى النباتات استجابة لعوامل الشدِّ البيئى، وتحدث بها تغيرات كبيرة فى النباتات استجابة للإصابات البكتيرية والفطرية والفيروسية. ورغم أنها لا تتحرك لمسافات كبيرة فى النبات فإنها يمكن أن تنظم الإشارات لمسافات كبيرة بتحويرها لانتقال الأوكسين. وللتفاصيل المتعلقة بتلك المركبات .. يراجع Symons وآخرين (٢٠٠٧)، و Bajguz & Hayat (٢٠٠٩).

٤- حامض السلسيلك

أدى رش نباتات الفلفل النامية فى ظروف ملحية متوسطة بتركيز منخفض (١٠^-٦^ مول) من حامض السلسيلك salicylic acid إلى زيادة الوزن الطازج والجاف للنمو الخضرى، وعدد الثمار، ووزن الثمرة، ومحصول الثمار ومحتواها من فيتامين C والكاروتينات، وسمك طبقة أديم الثمرة، وانتقال السكريات من الأوراق إلى الثمار. كذلك أدت هذه المعاملة إلى خفض نشاط البيروكسيديز وزيادة نشاط الإنفرتيز بالأوراق والثمار. ويستفاد مما تقدم بيانه أن معاملة حامض السلسيلك نظمت محتوى السكريات (انتقال السكروز من الأوراق إلى الثمار) ومضادات الأكسدة؛ ومن ثم قللت تثبيط النمو الذى استحثته ظروف الشدِّ (Elwan & El-Hamahmy ٢٠٠٩).

متعددات الأمين

ينتشر على نطاق واسع فى الكائنات الحية تواجد متعددات الأمين، ومنها البوترسين putrescine والاسبرميدين spermidine والاسبرمين spermine، وهى مركبات متعددة الأمين ذات وزن جزيئى منخفض. وهى تلعب دورًا فى جوانب مختلفة من النمو النباتى، مثل الإزهار والإثمار، كما يوجد ارتباط بين متعددات الأمين ونوع جنس الأزهار فى بعض الأنواع النباتية. ولأن متعددات الأمين — وبخاصة الاسبرميدين والاسبرمين —

يشترك فى بادئ واحد، هو: S-adenosylmethionine مع الإثيلين. فقد أظهرت تأثيرات تنافسية على وظائف تطور تكوين الثمار ونضجها فى كثير من النباتات. ولقد استخدمت المعاملة بمتعددات الأمين فى تنظيم الإزهار ونمو الثمار ونضجها فى عديد من النباتات (Liu وآخرون ٢٠٠٦).

الترياكونتانول

ذُكر عن الترياكونتانول Triacontanol أنه مركب نباتي طبيعي؛ حيث إنه كحول أولى طبيعى يحتوى على ٣٠ ذرة كربون، ولا يذوب فى الماء. وقد أثبتت بعض تحضيراته أن لها نشاطًا بيولوجيًا عند استخدامها بتركيزات فمتو مولارية femtomolar ($١٠^{-١٥}$ مولار)، بمعدل حوالى ٥-٥٠٠ ملليجرام للهكتار (٢,١-٢١ ملليجرام/فدان). وبينما يوجد معظم الترياكونتانول —فى النباتات — مرتبطًا فى الأديم .. فإنه توجد كميات صغيرة منه فى الأنسجة البارانشيمية.

تؤدى المعاملة بالترياكونتانول إلى تنظيم عدة عمليات فسيولوجية وكيميائية حيوية؛ فقد أوضحت عدة دراسات أنه يؤدى إلى زيادة النمو والمحصول فى عديد من الأنواع النباتية. وربما كان لأيض المواد الكربوهيدراتية دور فى استجابة النباتات للمعاملة به. كما أن كثيرًا من الإنزيمات التى لها علاقة لها بأيض المواد الكربوهيدراتية يزداد نشاطها عقب المعاملة بالترياكونتانول (عن Ries & Houtz ١٩٨٣).

وقد وجد Knight & Mitchell (١٩٨٧) أن رش بادرات الخس فى المزارع المائية — وهى فى عمر أربعة أيام — بتركيز $١٠^{-٧}$ مولار من المركب أدى إلى زيادة الوزن الطازج والجاف للأوراق بمقدار ١٣٪-٢٠٪، وزيادة الوزن الطازج والجاف للجذور بمقدار ١٣٪-٢٤٪ بعد ستة أيام من المعاملة، مقارنة بالنباتات التى رشت بالماء.

هذا .. إلا أن نتائج المعاملة بالترياكونتانول لم تكن دائمًا إيجابية. وقد ذكر أن فاعلية المركب تتأثر كثيرًا بكل من الـ pH والعناصر المعدنية (عن Wittwer ١٩٨٣).

الكاربامات

الكاربامات مبيدات فطرية أو حشرية أو مبيدات أعشاب ضارة، ويستخدم بعضها كمنظمات للنمو. ومن أمثلتها:

١- كاربارِيل Carbaryl

يعرف الكاربارِيل بالاسم الكيميائى 1-Naphthyl methylcarbamate، ومن تحضيراته التجارية السيفين Seven، وهو مبيد حشرى، ولكنه يستعمل - كذلك - فى خف ثمار التفاح.

٢- Chloro-IPC

مبيد حشائش يستعمل فى منع تزريع البطاطس فى المخازن، وقد سبق بيان استعمالاته تحت مانعات النمو.

مثبطات انتقال الهرمونات

من أمثلة مثبطات انتقال الهرمونات - والتى سبق بيانها تحت مجموعات هرمونية أخرى مختلفة - ما يلى:

١- الكلورفلورينول Chloflurenol

يعرف الكلورفلورينول - كذلك - باسم كلورفلوريكول Chlorflurecol، وباسم مورفاكتين Morphactin، وهو يحمل الاسم الكيميائى:

2-chloro-9-hydroxyfluorene-9-carboxylic acid (methyl ester)

ومن تحضيراته التجارية Maintain.

٢- منظم النمو MTPA

يحمل MTPA الاسم الكيميائى N-m-tolyphthalamic acid.

ومن تحضيراته التجارية كل من Duraset، و Tomaset، وكلاهما يستعمل فى تحسين عقد ثمار الطماطم.

٣- منظم النمو TIBA

يحمل TIBA الاسم الكيميائى 2,3,5-triiodobenzoic acid .

ومن تحضيراته التجارية Floral-Tone، و Regim-8 (عن Luckwell ١٩٨١).

معقمات أعضاء التذكير

من أمثلة معقمات أعضاء التذكير ما يلى:

١- فنرى دازون Fenridazon

يعرف فنرى دازون – كيميائيًّا – باسم:

Potassium 1-(p-chlorophenyl)-1,4-dihydro-6-methyl-4-oxopyridazine-3-carboxylate.

ومن تحضيراته التجارية كل من: RH-0007، Hybrex.

يستعمل فنرى دازون فى إنتاج بذور هجن القمح؛ حيث يُحدث عقمًا ذكريًّا فى خطوط سلالات الأمهات؛ الأمر الذى يسمح بإنتاج البذرة الهجين (عن Thomson ١٩٨٣).

٢- مركب DIB

يعرف هذا المركب – كيميائيًّا – باسم 2,3-dichloro-iso-butyrate.

ومن تحضيراته التجارية Mendox؛ الذى يستعمل فى منع تفتح أزهار القرعيات.

مبيدات الحشائش المستخدمة كمنظمات نمو

من أهم مبيدات الحشائش التى تستعمل كذلك كمنظمات نمو ما يلى:

١- بروماسيل Bromacil

يعرف كذلك باسم برومويوراسيل Bromouracil، وهو يحمل الاسم الكيميائى:

5-bromo-3-sec-butyl-6-methyluracil

٢- ديكوات Diquat

من تحضيراته التجارية Reglone، وهو يحمل الاسم الكيميائى:

1-1-ethylene-2-2′-bipyridilium ion

٣- إندوثال Endothal

من تحضيراته التجارية كل من: Des-I-Cate، و Aquathol، وهو يحمل الاسم الكيميائى:

7-oxabicyclo(2,2,1)heptane-2,3-dicarboxylic acid

٤- جلايفوسين Glyphosine

من تحضيراته التجارية Polaris، وهو يحمل الاسم الكيميائى:

NN-di(phosphonomethyl)glycine

٥- جلايفوسيت Glyphosate

من تحضيراته التجارية Roundup، وهو يحمل الاسم الكيميائى:

N-(Phosphonomethyl)glycine

مواقع تمثيل الهرمونات

يبين جدول (١٩-١) موجزًا لمواقع تمثيل الهرمونات الرئيسية فى النبات وتأثيراتها فى عمليات النمو والتطور.

جدول (١٩-١): تمثيل بعض الهرمونات النباتية الرئيسية وتأثيراتها (عن Marchner ١٩٩٥).

الهرمونات	المواد البادئة لها	أماكن تمثيلها ومثبطاتها	تأثيراتها
السيتوكينينات Cytokinins	مشتقات البيورين (الأدنين)	ميرستيم الجذور وإلى حد ما فى ميرستيم النمو الخضرى وأجنة البذور وينتقل لمسافات طويلة فى الخشب من الجذور إلى النموات الخضرية	انقسام الخلايا وزيادتها فى الحجم — تحفيز تمثيل الرنا RNA والبروتينات — حث تكوين الإنزيمات — تأخير تحلل البروتين والشيخوخة — السيادة القمية
الجبريللينات Gibberellins	من حامض الـ mevalonic إلى هيكل الـ gibbane الكربونى	الأوراق النامية والقمم الخضرية النامية، وبعض الأجزاء الأخرى من النموات الخضرية مثل الثمار والبذور، ويفترض كذلك الجذور. من مثبطات تمثيلها: الـ Ancymidol، والـ Triazoles، والـ Chlorocholine chloride (اختصارًا: CCC)	نمو الخلايا — كسر سكون البراعم والبذور — حث الإزهار وتمثيل الإنزيمات وخاصة المحللة hydrolases
الأوكسينات Auxins	المشتقات الإندولية للحامض الأمينى تربتوفان — الأوكسين الطبيعى هو IAA	الميرستيمات والأنسجة الحديثة النامية — فى ثنائية الفلقة فى القمة الخضرية النامية والأوراق الصغيرة بصورة أساسية — ينتقل من خلية لأخرى ورأسيا فى محيط اللحاء. من مثبطاتها: ABA- TIBA — Coumarins — NAA والأوكسينات الصناعية الأخرى	نمو الخلايا وانقسامها فى نسيج الكامبيوم — السيادة القمية — حث تكوين الإنزيمات وتنشيطها

تابع جدول (١٩-١).

الهرمونات	المواد البادئة لها	أماكن تمثيلها ومثبطاتها	تأثيراتها
حامض الأبسيسيك Abscicc acid	الكاروتينات: violaxanthin والـ neoxanthin	الأنسجة الكاملة التميز بالنموات القمية والجذور. من مثبطاته: IAA – السيتوكينينات – حامض الجبرلليك – Fusicoccin	تثبيط نمو الخلايا في أنسجة النموات الخضرية – حث غلق الثغور – تحفيز انفصال الأوراق والثمار ودخول البذور والبراعم في حالة سكون – تثبيط تمثيل الدنا DNA – تنشيط الـ ribonucleases – زيادة نفاذية الأغشية البلازمية
الإثيلين ethylene	1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)	عديد من الأجزاء والأعضاء النباتية. من مثبطاته: الكوبالت والفضة	تحفيز الإنبات – تحوير النمو الجذري – تكوين البرانشيمات الهوائية – انحناء الأوراق لأسفل epinasty – تحفيز الإزهار والنضج والشيخوخة
حامض الجاسمونك Jasmonic acid	حامض الـ linolenic	الجذور والنموات الخضرية والثمار. من مثبطاته: السيتوكينينات	إسراع شيخوخة الأوراق ونضج الثمار وتكوين الدرنات في البطاطس – غلق الثغور – تكوين بروتينات التخزين – تثبيط نمو الخلايا وإنبات البذور وحبوب اللقاح

التفاعيل بين العناصر المغذية ومنظمات النمو

يتأثر تمثيل منظمات النمو في النباتات بمدى توفر العناصر الغذائية، ومن مظاهر ذلك ما يلي:

١- يؤثر مصدر النيتروجين وكميته المتاحة لتمثيل الأحماض الأمينية تأثيرًا مباشرًا على تمثيل السيتوكينينات، والإثيلين، وإندول حامض الخليك التى يتم تمثيلها من الأحماض الأمينية.

٢- يكوّن الموليبدنم جزءًا من إنزيم nitrate reductase؛ ولذا .. فإنه يؤثر على تمثيل منظمات النمو من خلال تأثيره على تمثيل الأحماض الأمينية.

٣- لوحظ وجود ارتباط بين تمثيل السيتوكينين، والإزهار، ومستوى الفوسفور فى كل من الطماطم، والقمح، والتفاح.

٤- يعتبر الزنك عنصرًا ضروريًّا لتمثيل التربتوفان، الذى يُمثل منه إندول حامض الخليك. ونجد فى الطماطم — على سبيل المثال — أن أعراض نقص الزنك يمكن التغلب عليها بالمعاملة باى من الزنك أو التربتوفان.

٥- يتأثر تركيز حامض الأبسيسك — كذلك — بالتغذية بالنيتروجين.

٦- يؤدى نقص البورون إلى نقص تركيز السيتوكينين، وزيادة تركيز إندول حامض الخليك. ويعتقد أن التحلل الذى يصاحب نقص البورون يرجع إلى تراكم إندول حامض الخليك فى الأنسجة النباتية إلى مستويات سامة.

وفى المقابل .. فإنه يمكن الاستفادة من منظمات النمو فى تحسين امتصاص النباتات للعناصر المغذية والاستفادة منها، فمثلاً:

١- يمكن باستعمال منظمات النمو تحوير فسيولوجيا النبات؛ بحيث يمكن التحكم فى اختيارية امتصاص النبات للعنصر.

٢- يمكن الاستفادة من منظمات النمو فى تحفيز النمو الجذرى؛ وبذا .. تزداد قدرة النبات على امتصاص العناصر.

٣- من المعروف أن حامض الجبرلليك يحفز امتصاص البوتاسيوم، وأن الـ 2,4-D يزيد من تراكم النيتروجين والفوسفور فى النبات، إلا أنه يمنع — كذلك — انتقال هذه العناصر فى النبات.

٤- يؤثر الـ SADH سلبيًّا على امتصاص العناصر، ولكنه يحفز انتقال كل من

النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

٥- أدت المعاملة بالـ CCC إلى زيادة تركيز كل من النيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم فى بعض النباتات (عن Hale & Orcutt ١٩٨٧).

٦- أدى رش نباتات الكرنب الصينى بإندول حامض الخليك — مع الكالسيوم — إلى زيادة امتصاص عنصر الكالسيوم وانتقاله إلى الأوراق الداخلية للنبات؛ الأمر الذى أدى إلى خفض الإصابة باحتراق حواف الأوراق (Wen وآخرون ١٩٩١).

٧- يؤدى نقص الكالسيوم إلى تدهور الأغشية الخلوية إلى درجة تؤثر على تمثيل ونشاط الهرمونات النباتية.

٨- يمكن أن تؤدى التركيزات العالية من النحاس أو الحديد إلى زيادة تركيز الإثيلين فى بعض النباتات إلى الحد الذى يؤدى إلى سقوط الأوراق.

٩- يؤدى زيادة تركيز الكوبالت إلى تثبيط إنتاج الإثيلين.

استعمال منظمات النمو فى إنتاج محاصيل الخضر

نستعرض فيما يلى أهم استعمالات منظمات النمو فى مجالات الإنتاج والتداول والتخزين وإنتاج بذور الخضر كل على حدة (عن Rubatzky وآخرين ١٩٧٨، و Read ١٩٨٢).

١- الخرشوف

يستخدم حامض الجبرلليك للتبكير فى تكوين النورات. ترش به النباتات بتركيز ٢٥ جزءًا فى المليون فى الخريف. ولا يجوز الرش قبل الحصاد بأسبوع أو أقل من ذلك.

٢- كرنب بروكسل

يستعمل الألار كبديل لعملية إزالة النورة الطرفية بغرض تكوين نورات جانبية كثيرة متجانسة فى نموها, ويستخدم الألار (٨٥٪) بمعدل ١-٢كجم للفدان فى ٢٠٠-٤٠٠ لتر ماء. وتجرى المعاملة عند تكون النورات فى قاعدة النبات بقطر ١-٢ سم. ويستخدم

التركيز المنخفض عندما يكون قطر النورات سنتيمترًا واحدًا، ويستخدم التركيز المرتفع عندما يكون قطر النورات سنتيمترين اثنين. ولا يجوز الرش قبل الحصاد بشهر أو أقل من ذلك. ومن الضرورى رش النبات كله، وتكفى رشة واحدة.

٣- القاوون

يستخدم الألار بغرض تقليل النموالخضرى بمعدل كيلو جرام واحد لكل ٢٠٠ لتر ماء للفدان. ويجب أن يتم الرش والنباتات فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية إلى الرابعة. ويجب رش النبات كله، وتكفى رشة واحدة.

٤- الخيار والكوسة

يستخدم الإثيفون فى حقول إنتاج البذرة الهجين بغرض زيادة نسبة الأزهار المؤنثة فى الـ ٥-١٥ عقدة الأولىمن الساق، والتى لا توجد فيها — عادة — سوى أزهار مذكرة. ويستعمل لهذا الغرض التحضير التجارى Florel بمعدل لتر فى ١٦٠-٤٠٠ لتر ماء للفدان. ويجب أن يتم الرش فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية. وفى حالات الإنبات غير المتجانس يكرر الرش بنفس التركيز مع بداية امتداد وكبر الورقة الثالثة.

ويجب الرش دائمًا خلال ٤ ساعات من تحضير محلول الرش؛ لأن فاعلية منظم النمو تقل بعد ذلك؛ ولذا .. يجب تحضير الكمية التى تكفى لرش المساحة دون زيادة؛ لأنه لا يجوز الاحتفاظ بالجزء المتبقى لاستخدامه فيما بعد.

ونظرًا لأن النباتات المعاملة تزهر عادة مبكرة بنحو ٧-١٠ أيام عن نظيرتها غير المعاملة؛ لذلك تجب زراعة خطوط سلالة الأب مبكرًا عن سلالة الأم؛ وذلك لضمان وجود حبوب اللقاح اللازمة لإجراء التلقيح عند تكوين سلالة الأم للأزهار المؤنثة.

كما يستخدم حامض الجبريلليك أيضًا بغرض إنتاج أزهار مذكرة فى سلالات الخيار المؤنثة للمحافظة عليها وإكثارها لاستخدامها فى إنتاج الهجن. وترش النباتات بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون عندما يصل امتداد الورقة الحقيقية الأولى إلى نحو ٢,٥ سم، ويكرر الرش كل ٥ أيام بعد ذلك.

٥- شهد العسل

يستخدم غاز الإثيلين فى المخازن بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون من حيز المخزن بغرض الإنضاج الصناعى.

٦- الخس

يستخدم حامض الجبريلليك بغرض تجانس الإزهار ونمو الشماريخ الزهرية، وزيادة محصول البذور. وترش النباتات بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون ثلاث مرات وهى فى مراحل نمو الورقة الحقيقية الرابعة والثامنة والثانية عشرة.

٧- البصل

يستخدم الماليك هيدرازيد لمنع أو تأخير تزريع الأبصال فى المخازن. وترش النباتات فى الحقل عند نضج الأبصال وبداية تدلى الأوراق وهى مازالت خضراء، ويكون ذلك قبل الحصاد بنحو أسبوعين. ويستخدم ٢,٥ لتر من التحضير التجارى (حوالى كيلو جرام واحد من المادة الفعالة) فى ٤٠٠-٦٠٠ لتر ماء للفدان. ويجب التزام الدقة فى توقيت عملية الرش؛ لأن الرش المبكر يؤدى إلى تكوين أبصال إسفنجية، بينما لا يكون الرش المتأخر فعالاً.

٨- الفلفل

يستخدم الإثيفون لإسراع النضج والتلوين وتركيز الحصاد لزيادة كفاءة عملية الحصاد. ترش النباتات من الأصناف ذات الثمار الناقوسية عندما تكون ١٠٪ من الثمار حمراء أو بنية اللون، ومن الأصناف ذات الثمار الحريفة عندما تكون ١٠٪-٣٠٪ من الثمار حمراء أو بنية مع وجود عدد كافٍ من الثمار الخضراء لإنتاج محصول جيد. هذا .. ولا تؤدى المعاملة إلى إنضاج الثمار الخضراء. ولا يجوز الرش عند توقع أن تسود الجو درجة حرارة أعلى من ٣٥°م لمدة طويلة؛ حيث تؤدى المعاملة فى هذه الظروف إلى سقوط الأوراق.

يستخدم الإثيفون بمعدل ١,٥-٢ لتر فى ١٦٠-٤٠٠ لتر ماء للفدان. ويستخدم المعدل المرتفع عندما تسود الجو حرارة ١٨°م أو أقل، أو عندما تكون النباتات قوية النمو

والغطاء الورقى كثيفاً. ويكون الحصاد — عادة — بعد المعاملة بنحو أسبوعين.

٩ — البطاطس

يستخدم الماليك هيدرلزيلنع أو تأخير التزريع فى المخازن. وترش النباتات فى الحقل بمعدل ٤ لترات (أو نحو ١,٥ كجم من المادة الفعّالة) فى ١٢٠–٦٠٠ لتر من الماء للفدان. ويتم الرش موحدة بعد سقوط الأزهار؛ أى قبل جفاف النموات الخضرية بنحو أربعة أسابيع، على أن تكون المعاملة قبل الرى أو سقوط الأمطار بمدة ٢٤ ساعة على الأقل.

كما يستخدم الـ Chloropropham وهو تحضير تجارى يحتوى على منظم النمو Isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate (اختصارًا: CIPC) لمنع أو تأخير التزريع فى المخازن. وتعامل به الدرنات فى المخازن فى صورة مستحلب من المادة فى الماء بتركيز ٤ لترات أو نحو ١,٥ كجم من المادة الفعّالة فى ١٥٠ لتر ماء. كما قد يستخدم فى صورة أيروسول aerosol بمعدل ٤ لترات لكل حوالى ٢٠٠م^{٣} من حجم المخزن. وتجرى الطريقة الأولى برش الدرنات أو غمسها فى المستحلب. وتجرى الطريقة الثانية بإطلاق منظم النمو كضباب mist فى جو المخزن، ثم إغلاقه لمدة يومين.

وتجدر الإشارة إلى أن الـ CIPC يمنع التئام الجروح بالدرنات؛ ولذلك يجب تأجيل المعاملة به لحين الانتهاء من عملية العلاج. ولا تجوز معاملة الدرنات المعدة لاستخدامها كتقاوٍ.

ويستخدم حامض الجبرلليك لتحفيز التبرعم وكسر السكون فى الدرنات بغمسها فى محلول بتركيز جزء واحد فى المليون. وتجرى المعاملة قبل الزراعة بنحو أسبوعين بالغمس فى المحلول لمدة ١–٣ دقائق وهى فى الأجولة. وبعد المعاملة يُصَفَّى المحلول الزائد من الأجولة. هذا .. وتجب تدفئة التقاوى (إن كانت مخزنة فى مخازن مبردة) قبل المعاملة مع حفظها فى حرارة ١٥–٢١°م بين المعاملة والزراعة.

كذلك يستعمل الفيوزاركس Fusarix (وهو: 2,3,5,6-tetrachloronitrobenzene) على البطاطس؛ بهدف منع التزريع فى المخازن.

كما يستعمل الهارفيد Harvade (وهو: -2,3-dihydro-5,6-dimethyl-1,4 dithiin 1,1,4,4-tetraoxide) على البطاطس؛ بهدف التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد.

١٠- الروبارب

يستخدم حامض الجبريلليك لتقليل حاجة النباتات إلى البرودة حتى تخرج من طور السكون. وتعامل تيجان النباتات بمعدل ٦٠مل من محلول تركيزه ٥٠٠ جزء فى المليون لكل تاج. وتجرى المعاملة فى خلال ٢٤ ساعة من الـ forcing.

١١- الطماطم

يستخدم الإثيفون لإسراع نضج الثمار، وتركيز عملية النضج للمساعدة فى توقيت عملية الحصاد. تجرى المعاملة بالكمية التى يوصى بها من الإثيفون فى ٨٠-٤٠٠ لتر ماء للفدان. وترش كل النموات الخضرية والثمار. وإذا أُجريت المعاملة وقت ارتفاع درجة الحرارة عن ٣٨°م، فإنها تؤدى إلى سقوط الأوراق وإصابة الثمار بلفحة الشمس. ويتم الحصاد عادة خلال ٢-٣ أسابيع من المعاملة. ويلزم نحو ٤ كجم إثيفون للفدان. وتتم المعاملة عندما تكون ٥٪-١٥٪ من الثمار فى الحقل حمراء أو وردية أو فى بداية التلوين، مع وجود عدد كافٍ من الثمار الخضراء لإنتاج محصول جيد. وتقل الكمية اللازمة من الإثيفون كثيرًا عند اشتداد درجة الحرارة.

ويستخدم 4-Chlorophenoxyacetic acid (اختصارًا: 4-CPA) لتحسين العقد. وترش به العناقيد الزهرية عند تفتح الأزهار بتركيز ٢٥-٥٠ جزءًا فى المليون كل ١٠-١٥ يومًا، وبحد أقصى ٥ مرات خلال الموسم الواحد. وتفيد المعاملة فى تحسين العقد فى الجو البارد.

كما يستخدم 2-Naphthoxyacetic acid لتحسين العقد كذلك. وترش النباتات

بأكملها وهى فى مرحلة الإزهار. ويمكن إجراء حتى ٣ رشات فى الموسم الواحد. ولا يجوز الرش قبل الحصاد بـ ١٥ يومًا أو أقل من ذلك.

ويستعمل السيتكس Cytex (وهو خليط سيتوكينينات معظمها شبيهة بالزياتين Zeatin) على الطماطم رشا قبل الإزهار مباشرة أو خلال المرحلة الأولى للإثمار؛ بهدف زيادة المحصول.

١٢- الذرة السكرية

يستعمل الداى نيترو Dinitro (وهو: 4,6-dinitro-o-sec-butyl-phenol — اختصارًا: DNBP — على الذرة السكرية قبل تكوين الخلفات؛ بهدف التبكير فى النضج.

١٣- الكرفس والسبانخ

يستعمل الجبريللين على الكرفس بهدف زيادة طول أعناق الأوراق، وعلى السبانخ بهدف تحسين النوعية وزيادة المحصول.

هذا.. ويفيد كثيرًا — عند المعاملة بمنظمات النمو رشا على المجموع الخضرى — إضافة بعض المواد الناشرة إلى محلول منظم النمو؛ مثل الرجيوليد Regulaid، وبيس Pace، وتوين ٢٠ Tween 20؛ إذ إنها تقلل من التوتر السطحى لمحاليل منظمات النمو، وتزيد انتشارها على سطح الأوراق؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة اختراقها إلى داخل الأوراق وزيادة الاستفادة منها (Lownds وآخرون ١٩٨٧).

أسباب عدم تحقق الاستفادة الكاملة من معاملات منظمات النمو

إن من أهم أسباب عدم تحقق الاستفادة الكاملة من التطبيقات التجارية لمعاملات منظمات النمو، ما يلى:

١- وجود تأثيرات أخرى غير تلك التى تُجرى المعاملة من أجلها:

قد تؤدى المعاملة إلى زيادة المحصول، ولكن ذلك قد يكون مصاحبًا بتأثيرات سلبية

على النمو وصفات الجودة. فمثلاً .. قد تحدث معاملات تحسين عقد الثمار فى الطماطم تشوهات بالأوراق. كما أن زيادة محصول الخضر الورقية مثل الكرنب والخس والسبانخ عند المعاملة بالجبريللين يرافقها سرعة فى الإزهار والشيخوخة.

٢- اختلاف الأصناف فى استجابتها للمعاملة:

قد تكون المعاملة مفيدة مع بعض الأصناف، ولكنها قد تضر بأصناف أخرى، وتلك ظاهرة شائعة، ومن أمثلتها استخدام مثبط النمو PP413 فى معاملة كرنب بروكسل، والذى تتباين استجابات الأصناف له من مجرد وقف النمو إلى خفض المحصول.

٣- ضيق مدى التركيز الفعال:

قد يكون التركيز الأقل من المثالى غير فعال، بينما تكون التركيزات الأعلى منه ضارة بالمحصول.

٤- قد يكون توقيت المعاملة حاسمًا:

غالبًا ما يجب أن يتوافق توقيت المعاملة مع مرحلة معينة من تطور المحصول، وقد لا يمكن تحديد هذا التوقيت بدقة عند تباين تطور النمو بين النباتات فى الحقل الواحد.

٥- تباين الاستجابة للمعاملة باختلاف موسم ومكان الزراعة.

٦- تباين استجابة مختلف أجزاء النبات للمعاملة دون التأثير على دليل الحصاد:

يحدث ذلك — مثلاً — عند معاملة الفاصوليا ببعض مثبطات النمو التى تؤدى إلى زيادة عدد الفروع؛ مما يؤدى إلى زيادة محصول البذور على تلك الفروع الجانبية، ولكن يكون ذلك مصاحبًا بانخفاض المحصول على الساق الرئيسية (Thomas وآخرون ١٩٨٢).

مصادر أخرى للمعلومات عن منظمات النمو واستعمالاتها فى مجال الخضر

برغم أن التعمق فى دراسة منظمات النمو ليس من أهداف هذا الكتاب، إلا أن بعض القراء قد يجدون حاجة إلى ذلك؛ ولهذا .. نقدم فيما يلى بعض المراجع التى تتناول

منظمات النمو بصورة عامة واستخداماتها فى مجال الخضر بصورة خاصة، حتى يمكن الرجوع إليها:

المؤلف	السنة	الموضوعات التى يشملها
Avery وآخرون	١٩٤٧	استخدامات منظمات النمو فى مجال البساتين
Tukey	١٩٥٤	استخدامات منظمات النمو فى المجال الزراعى
Leopold	١٩٥٥	الأوكسينات واستعمالاتها — شامل
Steward & Kridorian	١٩٧١	منظمات النمو — متقدم
Weaver	١٩٧٢	منظمات النمو واستعمالاتها — شامل
Audus	١٩٧٢	كيمياء وفسيولوجيا منظمات النمو — متقدم
جمعية فلاحة البساتين المصرية	١٩٧٤	منظمات النمو — عام وشامل
Hillman	١٩٧٨	طرق عزل منظمات النمو
Univ. of California	١٩٧٨	منظمات النمو ومجالات استخدامها فى كاليفورنيا
Stommel	١٩٧٨	الشركات الأمريكية التى تقوم بتصنيع مختلف منظمات النمو
Moore	١٩٧٩	كيمياء وفسيولوجيا منظمات النمو
Skoog	١٩٨٠	منظمات النمو — متقدم
McLaren	١٩٨٢	استعمالات منظمات النمو مع النباتات الاقتصادية — شامل
Nickell	١٩٨٢	مجالات الاستخدام الزراعى لمنظمات النمو — موجز شامل
Read	١٩٨٢	استعمالات منظمات النمو مع محاصيل الخضر تحت ظروف الحقل
Nickell	١٩٨٣	استعمالات منظمات النمو مع مختلف المحاصيل
Wittwer	١٩٨٣	استعمالات منظمات النمو مع مختلف المحاصيل
Stalknecht	١٩٨٣	تأثير منظمات النمو على البطاطس
Thomson	١٩٨٣	كيمياء وخصائص واستعمالات جميع منظمات النمو

تعريف المنشطات الحيوية

إن المنشطات الحيوية Biostimulants عبارة عن مستحضرات تحتوى على منظمات نمو معينة أو كائنات دقيقة، وتؤدى — عند معاملة النباتات بها — إلى تحفيز النمو

النباتي، وزيادة المحصول، كما يؤدى بعضها إلى زيادة قدرة النباتات على تحمل الظروف البيئية القاسية.

وقد تحتوى المنشطات الحيوية على بعض العناصر الغذائية الضرورية للنبات، وقد لا تحتوى عليها، ولكن وجود هذه العناصر ضمن بعض تحضيرات المنشطات الحيوية لا يعدو أن يكون عاملاً مساعدًا لعمل تلك المنشطات؛ وبذا .. فإن جميع أنواع الأسمدة لا تعد من المنشطات الحيوية.

وتعمل بعض المنشطات الحيوية — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير بعض العناصر الغذائية فى البيئة النباتية، بينما يفيد بعضها الآخر فى إمداد النبات بتلك العناصر، كما يعمل الكثير منها على توفير توازن هرمونى معين؛ إما بصورة مباشرة عن طريق المحفز ذاته، وإما بصورة غير مباشرة من خلال نشاط الكائنات الدقيقة التى يحتويها المحفز.

وتحتوى المنشطات الحيوية على واحد أو أكثر من مجموعات محفزات النمو التالية:

١- الكائنات الدقيقة:

من أمثلة هذه الكائنات ما يلى:

أ- بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى التربة، أو فى جذور البقوليات.

ب- أنواع بكتيرية أخرى تعمل — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير عناصر ضرورية أخرى (مثل الفوسفور) فى صورة ميسرة لامتصاص النبات.

جـ- أنواع بكتيرية تعمل — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير توازن هرمونى معين محفز للنمو النباتي.

د- أنواع فطرية (فطريات "الميكوريزا" Mycorhizae) تعيش تعاونيًّا مع جذور النباتات.

٢- هرمونات نباتية، وخاصة السيتوكينينات.

٣- مركبات كيميائية أخرى - غير سمادية - محفزة للنمو، مثل: حامض الهيوميك humic acid، وحامض الفلفيك fulvic acid، وحامض الفوليك folic acid، وبوليمرات حامض اللاكتيك، ومجموعة فيتامينات B، وحامض الأسكوربيك (فيتامين C).

وكما أسلفنا .. فإن معظم المنشطات الحيوية تحتوى - كذلك - على عناصر مغذية نباتية، للمساعدة على تحفيز عمل تلك المنشطات.

هذا .. وليست جميع مستحضرات المنشطات الحيوية معلنة الهوية، لا من حيث التركيب، ولا من حيث المصادر الأولية التى تستعمل فى تحضيرها.

الأحماض الأمينية والدبالية والفيتامينات

يعتبر الحامض الأمينى L-Tryptophan (وهو: β-3-indolylalanine) من المنشطات الحيوية. وهو من الأحماض الأمينية الضرورية لكل من الإنسان، والحيوان، وبعض أنواع البكتيريا، مثل:

Lactobacillus arabinosus
L. casei
Strepococcus faecalis
Leuconostoc mesenteroids

ويمكن للنباتات تمثيل هذا الحامض الأمينى من 3-phosphoshikimic acid، ثم من chorismic acid، و anthranilic acid.

ويقوم عديد من الكائنات الدقيقة بإفراز مركبات أيضية ثانوية بعد استعمالها لحامض L-Tryptophan، ومن هذه المركبات الأوكسينات؛ فمثلاً .. تقوم بكتيريا الـ Pseudomonads الفلورية التى تعيش فى التربة بتحويل التربتوفان إلى إندول حامض الخليك. ويحدث نفس الشئ بواسطة فطر الميكوريزا الخارجى التطفل *Pisolithus tinctorius*.

كذلك يدخل التربتوفان الذى تُعامل به النباتات خارجيًا فى العمليات الأيضية التى تقود إلى تمثيل إندول حامض الخليك.

وفى دراسة على القاوون والبطيخ .. وجد Frankenberger & Arshad (١٩٩١) أن معاملة تربة الشاتل بالتربتوفان بتركيز ٦ × ١٠^{-٥} إلى ٦٠ مجم/كجم من التربة أدت إلى زيادة محصول القاوون بنسبة ٤٢٪، والبطيخ بنسبة ٤٢٪-٨٠٪، وإلى زيادة متوسط وزن الثمرة بنسبة ٣٦٪، و ٤٣٪ فى كل من القاوون والبطيخ على التوالى.

ويحتوى المحفز الحيوى التجارى إرجوستيم Ergostim (إنتاج شركة Montedison فى نيويورك) على الحامض الأمينى L-cysteine وحامض الفوليك folic acid. وقد أدى استعماله عن طريق التربة إلى زيادة محصول الأرز، والذرة، والتفاح، بينما أدى استعماله رشا على النمو الخضرى للفراولة إلى زياة قوة النمو والمحصول.

ويؤدى استعمال تحضير حامض الهيوميك humate الجاف Agro-Lig، وحامض الهيوميك السائل Enersol (إنتاج شركة American Colloid Co. فى إلينوى) إلى تحفيز النمو النباتى من خلال تكوينها لمعقدات عضوية مع عنصر الحديد، يقوم النبات بامتصاصها.

وقد وجد Sanders وآخرون (١٩٩٠) أن كلا من Agro-Lig، و Enersol (وهما من الأحماض الدبالية humic acids)، و Ergostim (وهو حامض فوليك folic acid) أدت — عند إضافتها بتركيز ١,٥٪ (وزن/حجم) — إلى جلى اللابونيت ٥٠٨ Laponite 508 (كبريتات المغنيسيوم) عند الزراعة بطريقة السوائل Fluid Drilling — أدت إلى مضاعفة إنبات بذور الجزر أكثر من مرتين مقارنة بمعاملة الشاهد. وعندما أضيفت المحفزات الحيوية إلى البذور المزروعة بالطريقة العادية ازداد حجم الجذور إلى أكثر من الضعف مقارنة بالكنترول.

وتضم هذه القائمة من المنشطات الحيوية — كذلك — التحضير التجارى روتس Roots (إنتاج شركة Lisa Products Corp فى New Haven بولاية كونتكت الأمريكية)، وهو مخلوط من أحماض الهيومك، ومستخلصات الطحالب البحرية (طحلب *Ascophyllum nodosum*)، والثيامين، وحامض الأسكوربيك. وقد أحدث استعمال هذا المُنتج زيادة جوهرية فى محصول

الفاصوليا من القرون الخضراء (Russo & Berlyn ١٩٩٢)، كما أحدث زيادة غير معنوية فى نمو الكرنب (Heckman ١٩٩٤).

ومن المنشطات الحيوية الأخرى — التى تتوفر محليًا — والتى يمكن اعتبارها من هذه المجموعة — كل من البيوستيم Biostim، وما نفرت ب Manfert B.

يحتوى البيوستيم هرمونات نباتية (أوكسينات وسيتوكينين) مخلوطة بأحماض أمينية وفيتامينات ومركب البيتين. أما مانفرت ب فهو يحتوى على عناصر كبرى وصغرى مخلوطة بأحماض أمينية، وفيتامينات، ومركب البيتين، ومنشطات بيولوجية لتحفيز أوكسينات النمو الطبيعية. ويفيد مركب البيتين فى الحماية من أضرار الجفاف.

الميثانول

اكتشف أحد المزارعين بولاية أريزونا الأمريكية أن رش النباتات بمحلول مخفف (٢٠٪) من الميثانول methanol (كحول الخشب wood alchol) يحفز نموها.

وقد أخضع A. Nonomura هذه الملاحظة للدراسة العلمية؛ حيث وجد أن نباتات القطن تذبل فى منتصف النهار بسبب عجز النبات عن امتصاص كل احتياجاته من الرطوبة الأرضية فى تلك الفترة. ويؤدى الذبول إلى إغلاق الثغور؛ وبذا يقل معدل البناء الضوئى. ويزيد — فى الوقت نفسه — معدل التنفس الظلامى بسبب انخفاض مستوى ثانى أكسيد الكربون داخل الورقة.

وعندما قام Nonomura برش نباتات القطن الذابلة (فى وسط النهار) بمحلول مخفف من الميثانول اختفى الذبول، وانفتحت الثغور، واستعاد النبات نشاطه فى البناء الضوئى بالمعدلات السابقة، كما انخفض معدل التنفس الظلامى. وترتب على ذلك حدوث زيادة جوهرية فى معدل النمو، وتبكير تكوين اللوز بمقدار أسبوعين.

كذلك أدى الرش بمحاليل مخففة من الميثانول إلى زيادة حجم رؤوس الكرنب،

وزيادة محصول البطيخ بمقدار ٣٦٪، وزيادة النمو فى كل من القمح والشعير، وزيادة النمو الخضرى للطماطم بمقدار ٥٠٪ خلال ٣٠ يومًا من المعاملة.

وبالمقارنة .. فإن الذرة — وهو محصول C_4 — لا تختل فيه عملية البناء الضوئى فى منتصف النهار، ولا يحدث فيه تنفس ظلامى؛ ولذا .. فإن لا ينتظر استجابته لمعاملة الميثانول، كما لا ينتظر استجابة أى من نباتات الـ C_4 — كذلك — لتلك المعاملة، وهو ما أمكن إنباته تجريبيًا فى كل من الذرة وحشيشة برمودا.

ويبدو أن دور الميثانول فى النبات يكون من خلال عملية يؤثر فيها الضوء. ولا يعتقد أن النبات يستعمل الميثانول كمصدر للكربون (بالرغم من أن هذا يحدث فى الطحالب)؛ نظرًا لأن الكميات التى تستخدم أقل — بكثير — من أن تفسر الزيادات المشاهدة فى النمو والمحصول. ويعتقد — على الأرجح — أن الميثانول ينظم إحدى العمليات الأساسية فى النبات (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

هذا إلا أن نتائج تلك الدراسات ما زالت غير مؤكدة؛ نظرًا لأن هذه المعاملات أخضعت للدراسة فى مناطق أخرى ولم تكن مجدية. ففى كاليفورنيا .. تبين أن المعاملة بالميثانول ٣-٦ مرات (بتركيز ١٦٪-٣٥٪ بالحجم) لم يكن لها أية تأثيرات إيجابية على النمو الخضرى، أو المحصول، أو صفات الثمار (متوسط وزن الثمرة، ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة)، أو التبكير فى النضج فى أى من المحاصيل التى استخدمت فى الدراسة، وهى: الطماطم، والقاوون، والبطيخ (Hartz وآخرون ١٩٩٤).

وفى دراسة لاحقة أجريت — كذلك — فى كاليفورنيا (McGiffen وآخرون ١٩٩٥)، وتضمنت ثمانية محاصيل حقلية وبستانية، زرعت فى ظروف بيئية متباينة، وسمدت أو لم تُسَمَّدْ .. لم تكن للمعاملة بالميثانول أية تأثيرات إيجابية على النمو النباتى أو المحصول فى أى منها.

وفى أوريجون .. لم تكن لمعاملة الميثانول بتركيز ٢٠٪، أو ٤٠٪، أو ٦٠٪ أية

تأثيرات على محصول البطاطس ونوعية درناتها، أو على كفاءة النباتات فى الاستفادة من الرطوبة الأرضية (Feibert وآخرون ١٩٩٥).

المنشطات الحيوية الهرمونية

يعرف عديد من التحضيرات التجارية لمنشطات النمو الهرمونية؛ مثل بيوزيم وترجر وغيرهما.

يستخلص البيوزيم Biozyme من مصادر نباتية، وهو يحتوى على منظمات النمو والعناصر التالية (بالجزء فى المليون): إندول حامض الخليك ٣٢,٢، وحامض الجبرلليك ٣٢,٢، والزياتين Zeatin ٨٣,٢، والحديد ٤٩٠٠، والمنجنيز ١٢٠٠، والبورن ٣٠٠٠، والزنك ٣٧٠٠، والمغنيسيوم ١٤٠٠، والكبريت ٤٤٠٠. وقد وجد El-Sayed (١٩٩٥) أن رش نباتات الفلفل ثلاث مرات (عند بداية الإزهار ثم كل ثلاثة أسابيع) بالبيوزيم (بتركيز ٠,١٪) أحدث زيادة جوهرية فى المحصول المبكر مقارنة بمعاملة الشاهد.

ويحتوى المنشط الحيوى ترجر Triggrr على كينتين وعناصر كبرى وعناصر صغرى. وهو يستعمل رشًا، أو عن طريق التربة. وقد أدى استعماله مع الطماطم إلى زيادة المحصول المبكر من الثمار المتوسطة الحجم، ولكنه لم يؤثر معنويًّا على المحصول المبكر أو الكلى من الثمار الأكبر حجمًا. كما لم يؤثر استعماله فى المحصول المبكر أو حجم الثمار فى الفلفل، ولكنه أدى إلى زيادة المحصول الكلى الصالح للتسويق (Csizinsky وآخرون ١٩٩٠).

وقد استخدمت المنشطات الحيوية الورقية: Culbac، و Flori-Green Booster، و KeyPlex 350، والمنشطات التى تستعمل عن طريق التربة: Triggrr المبرغل، و Triggrr السائل لتقييم تأثيرها على نمو محصول الفلفل. أدى استعمال Triggrr المبرغل إلى زيادة المحصول إلى ٦,٠٢ طنًّا للهكتار مقارنة بـ ٢,٠٤ طنًّا للهكتار فى معاملة الشاهد. وفيما عدا ذلك .. لم يكن لأى من المنشطات الحيوية تأثيرات مرغوب فيها فى كل من محصول ثمار الدرجتين الأولى والثانية، أو المحصول المبكر، أو المحصول الصالح

للتسويق، أو على محتوى الثمار من العناصر الكبرى أو الصغرى باستثناء عنصر الحديد (Csizinsky ١٩٩٠).

مستخلصات الطحالب البحرية

تبعًا لتعريفنا للمنشطات الحيوية .. فإنه لا يمكن اعتبار المركبات المستخلصة من الأعشاب البحرية منشطات حيوية؛ لأنها تعد – في واقع الأمر – نوعًا من الأسمدة العضوية المركزة التي تستخدم إما رشًا على النباتات – كسماد ورقي – وإما بإضافتها إلى التربة لتحسين خواصها وزيادة خصوبتها. وبالرغم من ذلك فإن تلك التحضيرات تسوق – عادة – على أنها منشطات حيوية باعتبار أنها تحتوى على بعض منظمات النمو – وخاصة السيتوكينينات – وعديد من الأحماض الأمينية المحفزة للنمو النباتي.

ونذكر – فيما يلي – أمثلة لبعض التحضيرات التجارية المستخلصة من الطحالب البحرية:

١– جويمار ١٤ Goemar 14

سماد ورقي سائل كريمي، يذوب في الماء، ويتم تحضيره من الأعشاب البحرية. ويحتوى السماد على عديد من الأحماض الأمينية، كما يحتوى على سيتوكينينات جليكوسيلية glycosyl cytokinins بتركيز ٢٠٠ ميكرو جرام/لتر، وعلى البيتانات Betaines بتركيزات عالية. وينسب إلى البيتانات زيادة قدرة النباتات على تحمل الملوحة، والجفاف، والصقيع.

كما ينسب إلى هذا التحضير التجاري زيادة قدرة النباتات على امتصاص وتمثيل العناصر، وتحسين الإزهار والعقد، والتبكير في النضج.

٢– ألجينيور Alginure

مستخلص من الأعشاب البحرية في صورة غروية قوية يحفز نمو البكتيريا والميكوريزا في التربة، ويقلل من فقد العناصر الغذائية بالرشح.

ويحتوى ألجينيور على العناصر المغذية بالتركيزات التالية (جم/لتر):

الكالسيوم ١٩,٤	البوتاسيوم ١٩,٨
النيتروجين ١٤,٧	كلوريد الصوديوم ٢٧,٠
الفوسفور ٢,٦	الكبريت ٤,٦
المغنيسيوم ٢,٢	الحديد ٠,٢
المنجنيز ٠,٠٣٨	الزنك ٠,٠٤٢
النحاس ٠,٠٠٤	البورون ٠,٠٠١
الموليبدنم ٠,٠٠١	

٣- ماكسى كروب Maxicrop

سماد ورقى يتوفى صورة مسحوق قابل للذوبان، أو سائل مركز. ويستعمل السماد بمعدل ٢,٧٥-٥,٥ كجم من المسحوق (أو ١١-١٢ لترمن السائل المركز) للهكتار تبعًا للنوع المحصولى، مع تقسيم هذه الكمية على عدة دفعات.

يحتوى سماد ماكسى كروب على نحو ٦٠ عنصرًا، نذكر منها ما يلى (علمًا بأن التركيزات المبينة للعناصر هى فى مسحوق السماد):

البورون ١٩٤ جزءًا فى المليون	الكالسيوم ١,٩٪
الكلور ٣,٦٨٪	الكوبالت ١٢ جزءًا فى المليون
النحاس ٦ أجزاء فى المليون	الفلور ٣٢٦ جزءًا فى المليون
الحديد ٨٩٥ جزءًا فى المليون	اليود ٦٢٤ جزءًا فى المليون
البوتاسيوم ١,٢٨٪	المغنيسيوم ٠,٢١٣٪
المنجنيز ٠,١٢٤٪	الموليبدنم ١٦ جزءًا فى المليون
النيتروجين ١,٥٪	الصوديوم ٤,١٨٪
النيكل ٣٥ جزءًا فى المليون	الفوسفور ٠,٢١١٪
الكبريت ١,٦٥٪	السيلينيوم ٠,٤٣ جزءًا فى المليون
السليكون ٠,١٦٤٪	الزنك ٣٥ جزءًا فى المليون

٤- رسبونس ٩-٩-٧

أوضحت دراسات Igdokwe وآخرين (١٩٩٠) أن رش نباتات الطماطم بالتحضير التجارى Response 9-9-7 المستخلص من الأعشاب البحرية — بتركيزات تراوحت بين ١ : ٥٠٠ و ١ : ١٢٥ كل أسبوع إلى كل أربعة أسابيع — لم يؤثر فى النمو الخضرى أو متوسط وزن الثمرة، ولكن أدى الرش بتركيز ١ : ٥٠٠ إلى زيادة عدد الثمار الصالحة للتسويق.

المنشطات الحيوية البكتيرية

يتوفر عديد من التحضيرات التجارية لمنشطات النمو البكتيرية. وقد تحتوى هذه التحضيرات — كذلك — على منظمات نمو وعناصر مغذية صغرى وكبرى، وقد لا تحتوى عليها. ومن أهم شروط استخدام هذه التحضيرات التسميد العضوى الجيد قبل الزراعة؛ لكون السماد العضوى بيئة أساسية لنشاط هذه البكتيريا وتكاثرها.

ويمكن تقسيم المنشطات الحيوية البكتيرية إلى المجموعات التالية:

١- منشطات تحتوى على أنواع بكتيرية تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى

من أمثلة هذه التحضيرات التجارية ما يلى:

أ- ريزوباكتيرين:

يحتوى على البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى محملة على بيت موس بتركيز $١٠^{٨}$ خلية بكتيرية لكل جرام من البيت. تعامل به البذور قبل زراعتها مباشرة، مع مراعاة عدم معاملة البذور بمطهرات فطرية، وإلا فإن الرايزوباكتيرين يخلط مع كمية مناسبة من الرمل، ويضاف إلى جانب النباتات فى خط الزراعة.

ب- ميكروبين:

يحتوى على مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى، وتحول الفوسفور والعناصر الصغرى إلى صورة صالحة لامتصاص النبات.

جـ- سيريالين:

يستعمل — بصفة خاصة — مع المحاصيل النجيلية، والسكرية والزيتية.

د- نتروبين:

يحتوى النتروبين - كذلك - على بكتيريا تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى.

وجميع التحضيرات التجارية المذكور أعلاه من إنتاج الهيئة العامة لصندوق الموازنة الزراعية تحت إشراف جهات بحثية مختلفة، ويؤدى استعمالها إلى توفير نحو ٢٥٪- ٣٥٪ من احتياجات النباتات السمادية من عنصر الآزوت.

٢- منشطات تحتوى على بكتيريا تقوم بتوفير عنصر الفوسفور فى صورة ميسرة لامتصاص النبات

تُحدث هذه البكتيريا تأثيرها من خلال إفرازاتها من الأحماض العضوية التى تعمل على إذابة العناصر التى تتوفر بكثرة فى التربة فى صور غير ميسرة لاستعمال النبات؛ مثل عناصر الفوسفور، والحديد، والزنك، والنحاس، والمنجنيز.

ومن التحضيرات التجارية لهذه المنشطات ما يلى:

أ-ميكروبين .. وقد سبقت الإشارة إليه.

ب- فوسفورين:

يحتوى الفوسفورين على بكتيريا نشطة فى تحويل فوسفات ثلاثى الكالسيوم - غير الميسرة لاستعمال النبات - إلى فوسفات أحادى الكالسيوم الميسرة للنبات، علمًا بأن الصورة غير الميسرة تتواجد بتركيزات عالية فى الأراضى المصرية نتيجة للاستخدام المركز للأسمدة الفوسفاتية.

ويخلط الفوسفورين بالتقاوى قبل الزراعة، كما يمكن إضافته إلى جانب النباتات أثناء نموها.

٣- منشطات حيوية تحتوى على أنواع بكتيرية تستفيد النباتات من نشاطها البيولوجى

لا تُعرف - على وجه الدقة - الكيفية التى تتحقق من خلالها استفادة النباتات من تلك الأنواع البكتيرية، وإن كانت هناك عدة احتمالات لذلك؛ منها ما يلى:

أ- تفرز البكتيريا أثناء نشاطها البيولوجى عددًا كبيرًا من المركبات التى يمكن أن

تستفيد منها النباتات؛ مثل: الفيتامينات، والأحماض الأمينية، والفينولات، ومركبات أخرى عديدة تقدر بالآلاف.

ب- تفرز البكتيريا عديدًا من منشطات النمو الهرمونية التى تحقق للنبات توازنًا هرمونيًّا مناسبًا للنمو الجيد.

جـ - تفرز البكتيريا أثناء نشاطها مضادات حيوية متنوعة تفيد فى وقف نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى المسببة للأمراض؛ مثل البكتيريا، والفطريات.

د- تحفز البكتيريا — بسبب نشاطها البيولوجى — امتصاص النبات للعناصر المغذية من التربة.

وكلما تنوعت الأنواع البكتيرية الموجودة فى المنشط الحيوى ازداد تنوع إفرازاتها، وازدادت — بالتالى — الفائدة التى تعود منها على النباتات.

وغنى عن البيان أن الأنواع البكتيرية التى يمكن أن تستفيد النباتات من نشاطها لا تمثل سوى نسبة ضئيلة من آلاف الأنواع البكتيرية المعروفة، وأن التآلف — وليس التنافس — بين هذه الأنواع ضرورى لكى تتحقق للنباتات الفائدة المرجوة منها.

وتعرف الأنواع البكتيرية تلك المنشطة للنمو باسم Plant Growth-Promoting Rhizobacteria، وهى بكتيريا تتكاثر بالقرب من الجذور، وتنتمى إلى عدة أجناس وأنواع؛ من أهمها الجنسان: *Pseudomonas*، و *Bacillus*. وتتم المعاملة بها — غالبًا — عن طريق البذور.

وقد تبين أن هذه البكتيريا تكسب النباتات مناعة جهازية Induced Systemic Resistance ضد عديد من الأمراض. ومن أمثلة ذلك الحالات التالية (Liu وآخرون ١٩٩٥أ، و ١٩٩٥ب):

المحصول	الأمراض التى كوفحت جهازيًّا (ومسبباتها)
الخيار	الأنثراكنوز (الفطر *Colletotrichum orbiculare*)
	تبقع الأوراق الزاوى (البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*)
	الذبول الفيوزارى (الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)

المحصول	الأمراض التى كوفحت جهازيًّا (ومسبباتها)
	سقوط البادرات (الفطر *Pythium aphanidermatum*)
الفاصوليا	اللفحة الهالية (البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*)

وقد استعمل فى هذه الدراسات سلالات معينة من عدة أنواع بكتيرية ؛ منها :

Pseudomonas putida

Serratia marcescens

Pseudomonas fluorescens

وتعتبر البكتيريا *Bacillus cereus* من المنشطات الحيوية التى تستعمل عن طريق التربة، أو بمعاملة البذور قبل الزراعة، أو رشًّا على النموات الخضرية.

وقد أدى استعمالها عن طريق التربة إلى زيادة محصول الباذنجان بنسبة ١١٤٪ مقارنة بمعاملة الشاهد، كما كانت معاملة بذور الخيار أكثر فاعلية من معاملة رش النباتات (Li & Mei ١٩٩١).

وينسب إلى التحضير التجارى أجرسبون — الذى يستعمل بمعدل ٤٠٠ مل للفدان — قدرته على تحسين التمثيل الحيوى فى النبات والتربة.

ومن بين التحضيرات التجارية المحلية لمنشطات النمو البكتيرية التحضير بيوماجك Biomagic. يتوفر هذا المنشط فى صورة عجينة سريعة الذوبان فى الماء، ويمكن حفظه فى حرارة الغرفة — دون تعريضه لأشعة الشمس المباشرة — لمدة تصل إلى سنتين. يحتوى التحضير على سلالات نشطة من عدد من الأجناس البكتيرية، بالإضافة إلى العناصر الكبرى والصغرى الضرورية للنمو النباتى، والمركبات المستخدمة فى تحضير بيئات النمو الخاصة بالأنواع البكتيرية المرغوب فيها.

يستخدم البيوماجك رشًّا على جميع النباتات المزروعة، ويبدأ الرش — عادة — بعد فترة زمنية تتراوح بين ١٥ و ٣٠ يومًا من الزراعة، ثم يكرر ثلاث مرات أخرى كل ١٥ يومًا، ثم شهريًّا بعد ذلك حتى قرب النضج. وينسب إليه مزايا عديدة تنصب كلها حول زيادة

واستمرار النمو الخضرى، وزيادة الإزهار ونسبة العقد والمحصول، وزيادة حجم الثمار وتحسين نوعيتها، وإكساب النباتات مقاومة عامة لمختلف العيوب الفسيولوجية والأمراض.

الميكوريزا

تعريف الميكوريزا

يطلق اسم ميكوريزا Mycorrhizae (وليس ميكورهيزا) — مجازًا — على مجموعة من الفطريات التى تعرف باسم "Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae" (اختصارًا: VAM)، وهى من الفطريات الطحلبية Phycomycetes، وتنتمى إلى عائلة Endogonaceae، وتعيش معيشة تعاونية مع جذور النباتات. وتعد هذه الفطريات من المتطفلات الإجبارية Obligate Parasites التى لا يمكن زراعتها على بيئات صناعية؛ فهى لا تنمو إلا مع عوائلها.

وقد ذكرنا أن كلمة "ميكوريزا" تطلق — مجازًا — على هذه الفطريات؛ ذلك لأنها مصطلح يصف العلاقة بين هذه الفطريات وجذور النباتات الراقية.

وقد جاء المصطلح من علاقة تبادل المنفعة بين الفطريات (الاسم اليونانى mukes)، والجذور الحية (الاسم اليونانى rhiza)؛ ومن ثم المصطلح "Mycorrhizae".

انتشار الميكوريزا وتطفلها

وصفت أول علاقة ميكوريزية micorrhizal relationship منذ نحو ١٤٠ سنة، ولكن لم يبدأ علماء البساتين فى تفهم وتقدير أهميتها — وخاصة بالنسبة — للخضر إلا منذ نحو ٥٠ عامًا خلت؛ فلم يبدأ البحث الجاد على الميكوريزا إلا منذ الستينيات.

توجد جراثيم الميكوريزا فى معظم الأراضى، ولكنها لا تنبت إلا عند تواجدها بالقرب من جذور عائل مناسب لها. وإذا لم يخترق الميسيليوم الحديث التكوين جذرًا لأحد العوائل المناسبة فإنه يموت. ولكن ما أن يتصل الفطر بيولوجيًّا بجذر عائله إلا ويكوّن نموًّا كثيفًا خارج الجذر (عن White ١٩٨٧).

هذا .. ولا يوجد تخصص يذكر من جانب الفطر للمعيشة تعاونيًا مع عوائل معينة، بعكس الحال بين بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى — من جنس *Rhizobium* — والبقوليات.

وبالرغم من توفر الميكوريزا فى جميع أنواع الأراضى، إلا أنها تتفاوت كثيرًا فى كفاءة أجناسها، وأنواعها، وسلالاتها؛ لذا .. يتعين تلقيح التربة أو النباتات بالأنواع والسلالات العالية الكفاءة منها.

ولقد لوحظ أن فطر الميكوريزا *Glomus deserticola* يبدأ فى تكوين علاقة تبادل المنفعة مع جذور البصل بعد ثلاثة أيام من تلقيح النباتات بالفطر، ويستكمل الفطر توطيد علاقته مع نحو ٥٠٪ من النمو الجذرى بعد ٢١ يومًا. وبالمقارنة .. فإن بداية تكوين الفطرين *G. mosseae*، و *G. intraradices* لعلاقتهما بجذور البصل تتأخر إلى اليوم الثانى عشر من التلقيح بالفطر، وتصل إلى ١٥٪، و ٣٧٪ فى اليوم الحادى والعشرين — فى الفطرين — على التوالى.

وبينما حسّنت فطريات الميكوريزا نمو البصل فى التربة المعقمة — عندما كان تلقيح التربة بالفطر تحت البذور — فإنها لم تحفز النمو النباتى فى التربة غير المعقمة.

تقسيم الميكوريزا

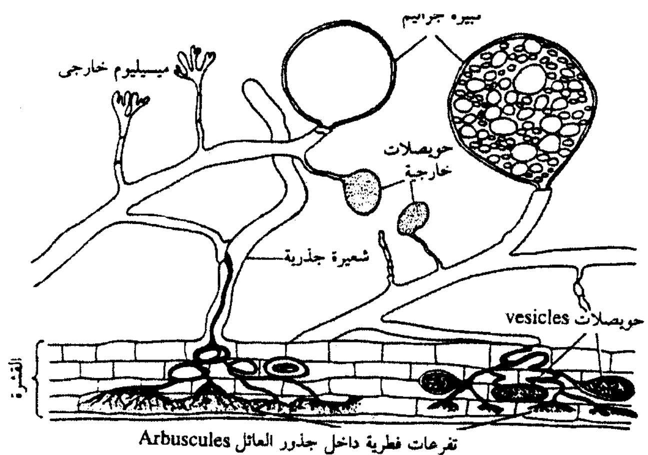
توجد الميكوريزا فى الطبيعة فى ثلاثة طرز (شكل ١٩-٨؛ يوجد فى آخر الكتاب)؛ كما يلى:

١- ميكوريزا داخلية Endomycorrhizae

تعد الميكوريزا الداخلية أكثر طرز الميكوريزا شيوعًا فى الطبيعة، وفيها تمتد الهيفات الفطرية من التربة إلى خلايا القشرة بجذور النباتات منتجة تراكيب داخلية تعرف باسم vesicles — وهى حويصلات تخزين — وتراكيب أخرى تعرف باسم arbuscles — وهى تراكيب شديدة التفرع توجد داخل الجذور النباتية — وهى التى تقوم بمهمة تبادل العناصر

الغذائية بين الفطر والنبات؛ وذلك هو الطراز الذى يعرف باسم — Vesicular Arbuscular Mycorrhizae (شكل ١٩-٩).

إن الـ Arbuscules عبارة عن تراكيب تتكون داخل الخلايا النباتية — تشبه الممصات — وتنشأ بتكرار الانقسام الثنائى الشعبة لهيفات الفطر. وهى تراكيب يمكن مشاهدتها بالميكروسكوب الضوئى، ولا تُعمّر طويلاً؛ حيث تبقى لفترة تتراوح بين أسبوع واحد وثلاثة أسابيع.



شكل (١٩-٩): نمو الـ Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae خارج وداخل خلايا العائل (عن White ١٩٨٧).

أما الـ Vesicles فهى تشبه الحويصلات، وتتكون — عادة — كانتفاخات فى أطراف الهيفات. وهى أعضاء التخزين الخاصة بالفطر، وتحتوى على بعض الدهون. تتكون الـ Vesicles — عادة — بعد الـ Arbuscules، وتزيد أعدادها كثيرًا مع النضج.

كذلك تنتج فطريات الـ VAM جراثيم كلاميدية تبقى ساكنة بالتربة (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

٢- ميكوريزا خارجية Ectomycorrhizae

تكوّن فطريات الميكوريزا الخارجية نموًّا كثيفًا يغطى جذور النباتات بسمك ٠,٠٥ مم،

وتغزو المسافات بين خلايا القشرة، مكونة شبكة تعرف باسم Hartig Net. ولكنها لا تخترق خلايا النبات العائل. وعند تواجد هذه الفطريات وارتباطهابالعائل تختفى الشعيرات الجذرية تمامًا؛ حيث تقوم بعملها الهيفات الفطرية (عن Nadakavukaren & McCracken ١٩٨٥).

تتعايش هذه الفطريات بكثرة مع جذور الأشجار؛ مثل الصنوبريات، والكافور، والحور وغيرها، وتلعب دورًا كبيرًا فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة وتوفيرها للنبات.

٣- ميكوريزا خارجية داخلية Ectendomychorrhizae:

وفيها يُظهر الفطر جَانبن صفات كل من الميكوريزا الداخلية والخارجية معًا.

وقد بنى التقسيم السابق للميكوريزا على أساسقدرة الفطر على اختراق خلايا العائل، وتكوين مختلف التراكيب.

وبناء علىتقسيم أحدث من التقسيم المتقدم، فإن الميكوريزا تُقسم إلى سبعة طرز؛ هى:

Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae
Ectomycorrhizae
Ectendomycorrhizae
Arbutoid Mycorrhizae
Eriicoid Mycorrhizae
Monotropoid Mycorrhizae
Orchid Mycorrhizae

وتعد الـ Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (اختصارًا: VAM) الطراز الوحيد المعروف فى محاصيل الخضر؛ وهى تتميز بجميع صفات الميكوريزا الداخلية التى سبق بيانها فى التقسيم السابق.

ويعنى بالـ VAM – كما أسلفنا – "العلاقات الميكوريزية التى تنشأ بين فطريات طحلبية Phycomycetes من عائلة Endogonaceae والنباتات".

وتنتمى فطريات الـ VAM إلى خمس أجناس، هى: *Acaulospora*، و *Entrophospora*، و *Gigaspora*، و *Glomus*، و *Sclerocystis* (عن Miller ١٩٨٦).

أهمية الميكوريزا

لوحظت علاقة تبادل المنفعة بين فطريات الميكوريزا ومعظم النباتات الراقية (وحتى بعض النباتات الدنيئة)، بما فى ذلك معظم الخضر – ما عدا الصليبيات والرمراميات – إلى درجة أن بعض الخضر لا يمكنها النمو بصورة طبيعية فى غياب الميكوريزا. ومن أكثر الخضر اعتمادًا على الميكوريزا فى نموها: البصل (الذى لا تحتوى جذوره على كثير من الشعيرات الجذرية)، والطماطم، والبطاطس، واللوبيا، والذرة السكرية، وفول الصويا.

يقوم النبات بتوفير المواد الكربوهيدراتية – وربما الفيتامينات – للفطريات، بينما يستفيد النبات – بدوره – من هذه الفطريات؛ إذ إنها تعمل على:

١- زيادة معدل امتصاص العناصر من التربة – سواء أكانت فى صورة ميسرة، أم غير ميسرة لامتصاص النبات – ثم نقلها إلى النبات، وخاصة عناصر: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والكبريت، والزنك، والنحاس، والموليبدنم.

٢- زيادة مقاومة النباتات للأمراض؛ فقد وجد – مثلاً – أن فطر الميكوريزا *Glomus fasciculatum* أحْدَثَ تراكمًا للفيتوألاكسينات Phytoalexins (وهى مركبات توقف أو تثبط نمو مسببات الأمراض فى الأنسجة المصابة)، فى جذور البسلة؛ مما أدى إلى مقاومتها للفطر *Fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى.

٣- زيادة تحمل النباتات لظروف الملوحة والجفاف.

٤- زيادة قدرة البقوليات على تثبيت آزوت الهواء الجوى (عن Miller وآخرين ١٩٨٦، و Sundaresan & Gunasekaran ١٩٩٣).

٥- إفراز بعض منظمات النمو التى تحفز النمو النباتى.

٦- توفير حماية للنباتات من التسمم بالتركيزات العالية من العناصر المغذية الضرورية بما تفرزه من مركبات قد تكوّن تراكيب معقدة مع تلك العناصر وتجعلها غير ميسرة للنبات.

وتزداد أهمية الميكوريزا للنباتات فى الأراضى الفقيرة عنها فى الأراضى الخصبة، وخاصة فى المناطق الاستوائية.

طرق التلقيح بفطريات الميكوريزا

تتوفر حاليًا طريقتان للتلقيح بفطريات الميكوريزا؛ هما: استعمال الجذور المصابة بالفطر، واستعمال التربة التى توجد بها الجراثيم الكلاميدوسبورية للفطر بمعدل نحو ١٠ جم منها لكل نبات. وتعد الطريقة الأولى أكثر كفاءة فى إحداث الإصابة بالفطر.

ويمكن إضافة الملقّح بعدة طرق؛ فالخضر التى تزرع فى المشتل أولاً يمكن تلقيحها بسهولة قبل نقلها إلى الحقل الدائم. أما الخضر التى تزرع مباشرة فى الحقل الدائم فإنها تلقح عن طريق البذور، أو بإضافة الملقح إلى التربة عند زراعة البذور، وقد ينثر الملقح على سطح التربة بعد خلطه بالحبوب الصغيرة، ولكنها طريقة قليلة الكفاءة وغير عملية.

وقد يمكن إضافة الملقّح عند زراعة البذور وهى محمولة فى سوائل، ولكن هذه الطريقة لم تُطور بعد.

ويتطلب نجاح التلقيح عدم وجود أية منافسة من الكائنات الدقيقة الأخرى على جذور النباتات — فى التربة المحيطة بالجذور rhizosphere soil — بعد التلقيح بالفطر، مع عدم وجود آثار متبقية للمبيدات التى سبق استخدامها فى التربة.

إن فطريات الـ VAM لا تعيش إلا لفترات قصيرة عند تخزينها أو نقلها من مكان إلى آخر. ويمكن زيادة قدرتها التخزينية بالتجفيد، ولكن ذلك قد يقلل كثيرًا من قدرتها على تكوين علاقة بيولوجية مع النباتات.

كما أنه من الضرورى إعادة زراعة فطريات الـ VAM — مع النباتات — فى أصص لتجديد المزارع.

ومقارنة بالنباتات المعمرة .. فإن محاصيل الخضر — وهى محاصيل قصيرة العمر — قد لا

يناسبها العدوى بفطريات الـ VAM – لأسباب اقتصادية – باستثناء الحالات التى تستجيب فيها الخضر كثيرًا للعدوى بالـ VAM (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

العوامل المؤثرة فى قدرة فطريات الميكوريزا على الاتصال بيولوجياً بالنباتات

تتأثر قدرة فطريات الميكوريزا على الاتصال بيولوجيًّا بالنباتات بالعوامل التالية:

١- النوع النباتى .. حيث تفشل بعض الخضر – مثل الصليبيات والرمراميات – فى تكوين علاقة بيولوجية مع فطريات الـ VAM. ويبدو أن النباتات ذات الجذور القليلة السميكة غير المتفرعة – كما فى البصل والموالح – تكون أكثر اعتمادًا على فطريات الميكوريزا من النباتات ذات الجذور الكثيرة الدقيقة والشعيرات الجذرية الطويلة.

٢- الصنف .. حيث يدل عديد من الدراسات على وجود تباينات كثيرة بين أصناف النوع الواحد فى قدرتها على تكوين علاقات وثيقة مع فطريات الميكوريزا. ويعد ذلك نوعًا من التفضيل preference بين العوائل والفطر، وليس تخصصًا specialization لفطريات معينة على عوائل معينة.

٣- التباينات بين أنواع وسلالات فطريات الميكوريزا من حيث كفاءتها فى تكوين علاقة تبادل منفعة قوية مع النباتات.

٤- خصوبة التربة والتسميد:

يؤدى توفير الفوسفور للنباتات – سواء أكان ذلك عن طريق التربة، أم عن طريق النموات الخضرية – إلى إضعاف العلاقة البيولوجية بينها وبين فطريات الميكوريزا.

كما يؤدى التسميد الآزوتى الجيد – كذلك – إلى إضعاف نمو وتجرثم فطريات الميكوريزا.

وتقل كفاءة فطريات الـ VAM فى تكوين علاقة تبادل منفعة مع النباتات فى الأراضى الخصبة بصورة عامة، كما فى معظم الأراضى الزراعية.

٥- درجة الحرارة:

تزداد قدرة فطريات الـ VAM على تكوين علاقة تبادل المنفعة - مع النباتات - مع ارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٠°م.

٦- شدة الإضاءة:

تزداد صلة تبادل المنفعة (بين فطريات الـ VAM والنباتات) قوة مع زيادة شدة الإضاءة؛ حيث يزداد معدل البناء الضوئى اللازم لمواجهة احتياجات الفطر من الغذاء المجهز.

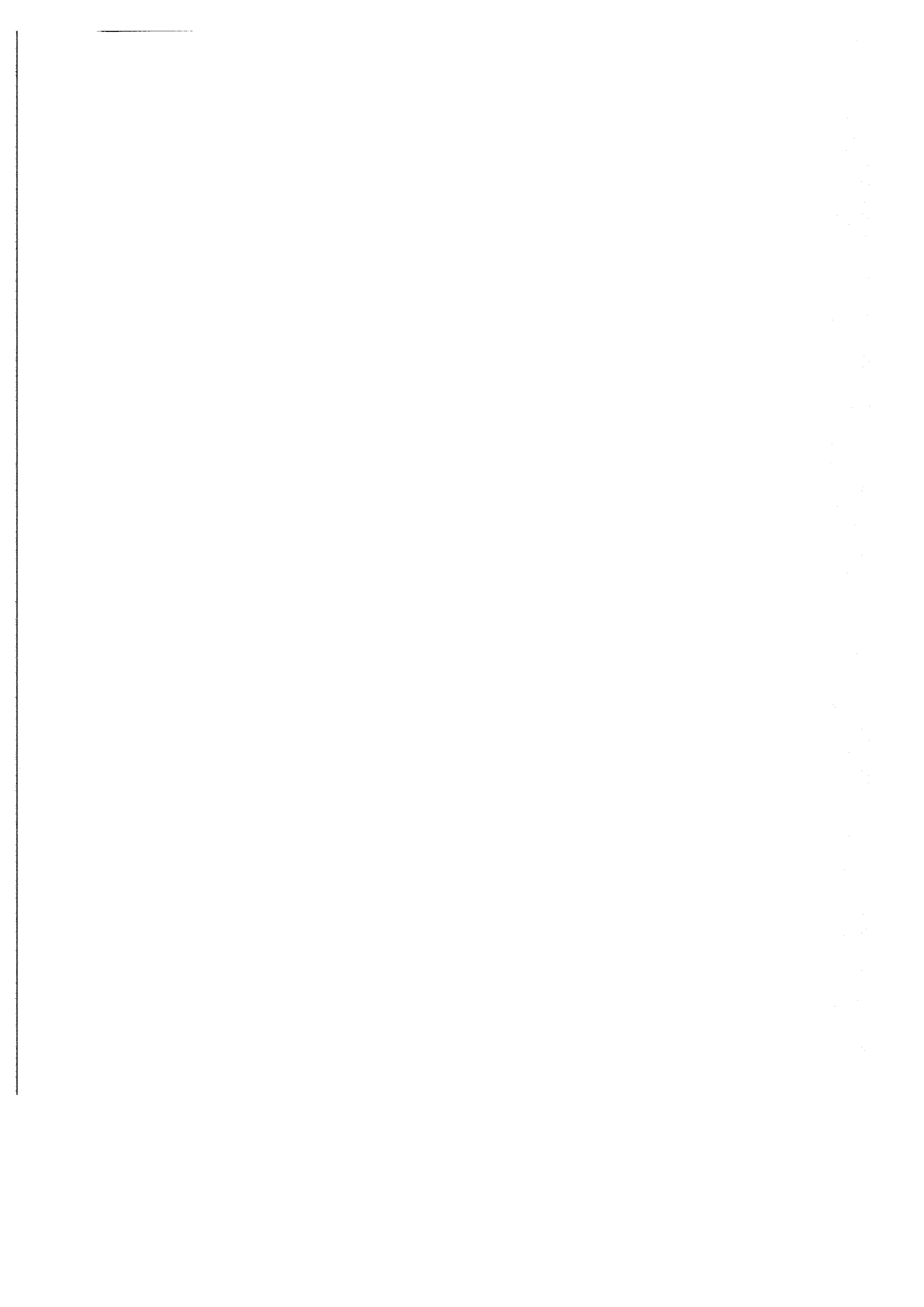
وقد وجد أن تكوين الفاصوليا لعلاقات تبادل المنفعة مع كل من فطريات الميكوريزا وبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى معًا - مقارنة بالتعايش مع بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فقط - أدى إلى زيادة فى كل من النمو، وتكوين العقد الجذرية، ومعدل تثبيت آزوت الهواء الجوى، ومحتوى العقد والنباتات من كل من الـ leghemoglobin، والفوسفور، والبروتين الكلى. كا حُصلَ على نائج مماثلة لتلك النتائج فى اللوبيا.

هذا .. إلا أنه لم تتحقق تلك الاستفادة من تواجد فطريات الميكوريزا وبكتيريا الرايزوبيم - معًا - إلا عندما كانت الإضاءة قوية؛ حيث تمكنت النباتات البقولية من الارتفاع بمعدلات البناء الضوئى لمواجهة احتياجات كلا الكائنين المتعايشين معًا تعاونيًّا (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

٧- النشاط البكتيرى فى محيط الجذور:

قام Schreiner & Koide (١٩٩٣) بدراسة العلاقة بين البكتيريا التى تعيش فى محيط الجذور واستجابة النباتات للميكوريزا؛ وذلك بمعاملة نباتات الخس بالاستربتومايسين. وقد أدت المعاملة إلى تقليل استجابة النباتات للفطر *Glomus etunicatum* - الذى أصابها - والتى ظهرت فى صورة انخفاض فى الوزن الجاف للنباتات، ولكن هذا التأثير لمعاملة الاستربتومايسين لم يكن له علاقة بقدرة فطر الميكوريزا على إصابة جذور النباتات أو تركيز الفوسفور أو النيتروجين بها.

ويستفاد مما تقدم أن معاملة الاستربتومايسين قللت استفادة النباتات من الإصابة بالميكوريزا دون أن تؤثر فى امتصاصها للفوسفور؛ مما يعنى أن البكتيريا التى تعيش فى محيط الجذور كانت قادرة على التأثير فى استجابة النباتات للميكوريزا.



الفصل العشرون

صفات الجودة والأضرار والعيوب الفسيولوجية

برغم أن صفات الجودة والعيوب الفسيولوجية من الأمور الرئيسية التى تحظى باهتمام المشتغلين بالتداول والتخزين وفسيولوجيا بعد الحصاد، إلا أن هذه الصفات تتأثر كثيرًا بظروف النمو النباتى السابقة للحصاد، كما أنها تتأثر بمرحلة النمو والنضج التى يجرى عندها الحصاد، وبالظروف التى تتعرض لها المنتجات بعد الحصاد.

اللون

يرجع اللون الذى يتميز به كل محصول من الخضر إلى صبغات خاصة تحفز شبكية العين على الإحساس باللون، ويوجد منها نوعان: صبغات بلاستيدية، وأخرى بالعصير الخلوى.

الصبغات البلاستيدية

توجد الصبغات البلاستيدية على أسطح البلاستيدات. وجميعها صبغات غير قابلة للذوبان فى الماء وتذوب فى الدهون، وتوجد منها أربعة أنواع رئيسية؛ هى:

١- الكلورفيل Chlorophyll: وهو الصبغة الخضراء، ويوجد منها كلوروفيل (أ)، وكلوروفيل (ب). ويوجد عنصر المغنيسيوم بكل منهما فى وسط الجزئ مع حلقة بيرول pyrrole ring بها نيتروجين نحو الخارج. ووظيفة الكلوروفيل هى اكتساب الطاقة الضوئية أثناء عملية البناء الضوئى.

٢- الكاروتين Carotene.

٣- الزانثوفيل Xanthophyll.

كلاهما صبغات صفراء، ويوجد الكاروتين مصاحبًا للكلوروفيل، وعليه .. فإن كليهما يوجد فى الأنسجة الخضراء، كما أن الكاروتين يوجد فى جذور الجزر والأصناف الصفراء من البطاطا، واللفت، والروتاباجا، وفى ثمار الطماطم.

٤- الليكوبين Lycopene: هو إحدى الصبغات التى توجد فى الأصناف الحمراء من الطماطم والبطيخ.

الصبغات التى توجد بالعصير الخلوى

تعرف الصبغات التى توجد فى العصير الخلوى باسم "الصبغات الفلافونية flavonoides"، وهى قابلة الذوبان فى الماء، ويوجد منها نوعان رئيسيان؛ هما:

١- الأنثوسيانينات Anthocyanins: وهى الصبغات المسئولة عن اللون الأحمر والأزرق والقرمزى فى عديد من الأزهار والثمار، والجذور، مثل البنجر.

٢- الأنثوزانثينات Anthoxanthins: وهى الصبغات المسئولة عن اللون الأصفر والعاجى.

هذا .. وكل من الأنثوسيانينات والأنثوزانثينات معقدة التركيب، ويدخل السكر فى تركيبها (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

النكهة

تعرف النكهة Flavor بأنها الإحساس بالمذاق Taste والرائحة Odour، بالإضافة إلى الإحساس بالملمس Touch، والألم Pain، والبرودة والدفء، وهى العوامل التى تضيف قليلاً إلى الإحساس بالمذاق. ويتحدد الإحساس بالمذاق بواسطة اللسان، أما الإحساس بالرائحة، فيكون بواسطة الأنف.

ويوجد من أنواع المذاق: الحلو، والحامضى، والمر. وجميعها -- عدا المذاق المر -- يمكن قياسها بسهولة. أما درجة المرارة، فإنها تقاس نسبة إلى تركيز معروف من مادة مرة؛ مثل: كبريتات الكيونين quinine sulphate.

هذا .. ويمكن للإنسان أن يميز أكثر من ١٠٠٠٠ رائحة مختلفة. كما يمكن للإنسان أن يتعرف على بعضها وهى بتركيزات منخفضة جدًا تصل إلى ١٠$^{-٩}$ ملليجرام؛ مثل: مركب الإيثايل مركبتان ethyl mercaptan (Arthey ١٩٧٥).

المركبات المتطايرة المسئولة عن الرائحة المميزة للخضر

تتحدد الرائحة المميزة لكل محصول من الخضر بمحتوياته من المركبات المتطايرة Volatile Substances. وبرغم أنه قد أمكن عزل عدد كبير من المركبات المتطايرة من مختلف محاصيل الخضر، إلا أن معظمها لا علاقة لها، أو لا تؤثر كثيرًا على الرائحة المميزة للمحصول. ويتحدد مدى أهمية المركب بكل من تركيزه وقوة رائحته potency. ويقدر التركيز بأجهزة الكروماتوجرافى الغازية Gas Chromatography. أما القوة، فتقدر باختبارات التذوق. هذا .. وتوجد معظم المركبات المتطايرة بتركيز يقل عن جزء واحد فى المليون. ويبين جدول (٢٠-١) أمثلة للمركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة فى بعض محاصيل الخضر.

جدول (٢٠-١): أمثلة للمركبات المسئولة عن النكهة المميزة فى بعض محاصيل الخضر (عن Wills وآخرين ١٩٨١).

المحصول	المركبات المسئولة عن النكهة المميزة
الخيار	**2,6-Nonadienal**
الكرنب	**Allyl isothiocyanate**
عيش الغراب	**1-Octen-3-ol, lenthionine**
البطاطس	**2-Methoxy-3-ethyl pyrazine, 2,5-dimethyl pyrazine**
الفجل	**4-Methylthio-trans-3-butenyl isothiocyanate**
البصل	مركبات الـ **Sulfides**
الكرفس	مركبات الـ **Phthalides**

وقد توجد المركبات المتطايرة فى الأنسجة السليمة بصورة طبيعية، أو قد تتكون إنزيميًّا بعد حدوث جرح أو تهتك للأنسجة، أو قد تتكون بعد حدوث تغير فى التركيب الكيميائى لبعض المركبات الأخرى بفعل الحرارة. وأيًّا كانت المركبات المتطايرة المتكونة، فإنه لا يهم منها سوى تلك المسئولة عن النكهة المميزة للخضر.

المركبات القابلة للتطاير التى توجد فى الكرفس

من بين المركبات المتطاقرالتى أمكن عزلها من نبات الكرفس، ما يلى:

Formaldehyde
Acetaldehyde
Propionaldehyde
Hexanol
Heptanol
Octanol
Undecanal
Dodecanal
Neral
Citronellal
Isoamyl alcohol
n-Valeric acid
Isobutyric acid
Pyruvic acid
3-Isobutylidene-3*a*,4-dihydrophthalide
3-Isovalidene-3a,4-dihydrophthalide
3-Isobutylidene phthalide
3-Isovalidene phthalide
Sedanonic anhydride
Carvone
Diacetyl
Ethyl isovalerate
Cis-3-Hexen-1-yl pyruvate
Decyl acetate
Linalyl acetate
Terpinyl acetate
Geranyl acetate
Citronellal acetate
Neryl acetate
Carvyl acetate
Terpinyl acetate
Geranyl butyrate
Benzoyl benzoate
D-Limonene
Myrcene

المركبات المتطايرة التى توجد فى الفاصوليا الخضراء المعلبة

من بين المركبات المتطايرة التى أمكن عزلها من الفاصوليا الخضراء المعلبة ما يلى:

Ethanol
cis-Hex-3-en-1-ol
n-Hexanol
2-Methyl-2-hexanlol
Oct-l-en-3-ol
Furfurol
Benzyl alcohol
3-Pentanone
Diacetyl
2-Heptanone
3-Octanone
Ethyl acetate
Hex-3-en-1-yl acetate
Ethyl phenyl ether

Acetaldehyde	Furfuryl methyl ether
2-Methylpropanal	Methyl benzyl ether
3-Methylbutanol	Veratrole
Methylthiothanal	2-Methoxymethyl benzyl ether
n-Hexanal	2-Butoxytoluene
trans-Hex-2-en-1-al	2-(2-Methoxyethyl) methoxybenzene
Methional	Phenyl ether
Furfural	Aryl-methoxy phenol
5-Methylfural	Biphenyl
2-Methoxyfurfural	Pulegone
2-Methyltetrahydrofuran	Linalool
Pyridine	α-Terpineol
	α-Phellandrene

مركبات النكهة والطعم فى الفلفل الحار

أمكن التعرف على ٦٤ مركبًا متطايرًا فى أكثر أصناف الفلفل الحار من طراز الـ Calabrian (كانت جميعها من *C. annuum*)، وكان أكثر المركبات تواجدًا فيها الكحولات، والألدهيدات، والتبربينات، والهيدروكربونات المتفرعة الأليفاتية. وكانت أكثر الأصناف احتواء على الكابسايسين capsaicin والهيدروكابسايسين: Vulcan، و Corno di capra. وقد تميز كل صنف من الأصناف المقيمة بمحتواه الخاص من الـ capsaicinoids والمركبات المتطايرة التى تكسبه الطعم والنكهة الخاصين به (Ziino وآخرون ٢٠٠٩).

تمثيل المركبات المتطايرة

أولاالمركبات المتطايرة التى توجد بصورة طبيعية فى الأنسجة السليمة:

تنشأ هذه المركبات من خلال ثلاث طرق بنائية على الأقل هى:

١- الـ Isoperniod pathway:

يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج مركبات الـ terpeniods. وقد أمكن عزل التربينات فى عدد من الخضروات، ومثال ذلك ما يلى:

الخضر	التربينات terpenes التى أمكن عزلها
الفاصوليا الخضراء	α-phellandrene، و α-terpineol، و linalool. و pulegone
الطماطم	linalool، و β-pinene، و geraniol، و geranial، و nerol، و neral، و citronellal
الكرفس	myrcene، و d-limonene. و carvone، و citronellal. و neral

٢- الـ Shikimec Acid Pathway:

يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج المركبات الأروماتية Aromatic، والتى من أمثلتها فى محاصيل الخضر ما يلى: phenethyl alcohol، و phenylacetaldehyde، و benzaldehyede، و Benzyl alcohol.

٣- الـ β-oxidation:

يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج كثير من الكحولات البسيطة والألدهيدات.

ثانيًا: المركبات المتطايرة التى تنتج إنزيميًّا:

يوجد عديد من الأدلة على أن الكثير من المركبات المتطايرة ذات العلاقة بالنكهة المميزة للخضر تتكون إنزيميًّا بعد حدوث جرح أو تهتك للأنسجة، ومثال ذلك ما يلى:

١- فى البصل تتكون مركبات: ميثيل دايسلفيد، وبروبيل دايسلفيد من التحطم الإنزيمى لمركبات أخرى كالتالى:

O NH$_2$O
↑ |
CH_3 S-CH_2COOH ⟶ CH_3S•

S-methyl-L-cysteine sulfoxide ⟶ methyl disulfide

O NH$_2$O
↑ |
CH_3 CH_2CH_2-S-CH_2 CHCOOH ⟶ CH_3 CH_2 CH_2S•

S-n-propyl-L-cysteine sulfoxide ⟶ propyl disulfide

Methyl disulfide + Propyl disulfide ⟶ methylpropyl disulfide

٢- يمكن أن تنشأ المركبات الأروماتية المتطايرة من تحلل الأحماض الأمينية الأروماتية؛ ومثال ذلك ما يلي:

أ- تنتج الـ phenylactaldehyde من الـ phenylalanine.

ب- ينتج الـ 3-methyl butanal من الـ leucine.

٣- ينتج عديد من المركبات المتطايرة من الأكسدة الإنزيمية للأحماض الدهنية ذات السلاسل الطويلة؛ ومن أمثلة ذلك ما يلي:

الحامض الدهني	المركبات التي تنتج منه
Oleic	Propanal, pentanal, Hexanal, Nonanal, Heptanal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal
Linoleic	Acetaldehyde, Popanal, Pentanal, Hexanal, 2-Propenal, 2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 2-Octanal, 2-Nonenal, 2-Decenal, Non-2,4-dienal, Dec-2,4-dienal, Undec-2,4 dienal, Oct-1-en-3-ol
Linolenic	Acetaldehyde, Propanal, Butanal, 2-Butenal, 2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 2-Nonenal, Hex-1,6-dienal, Hept-2,4-dienal, Non-2,4-dienal, Methyl ethylketone

٤- من المعتقد أن الخيار تتكون به بعض المركبات المتطايرة بعد حدوث تهتك لأنسجة الثمرة؛ ومن أمثلة هذه المركبات ما يلي: non-2,6-dienal، و non-2-enal، و Hex-2enal، وهي التي يعتقد أنها تنشأ من التحطم الإنزيمي لحامض الـ linolenic.

٥- يبدو أن عديدًا من المركبات المتطايرة تتكون في الطماطم من أكسدة الـ carotene polyenes. ومن أمثلة هذه المركبات ما يلي: farnesylacetone، و farnesal، و geranylacetone، و β-ionone، و α-ionone، و geranial.

ثالثًا: المركبات المتطايرة التي تتكون بفعل الحرارة:

من أمثلة ذلك ما يلي:

١- تنتج مركبات متطايرة أثناء إعداد وطهي الخضر بفعل حرارة الطهي. ولهذه المركبات أهمية في إكساب الخضر نكهتها المميزة. ومن أمثلة ذلك ما يلي:

أ- ينتج فى الطماطم المعلبة المركبان: methyl sulfide، و hydrogen sulfide، وهما ينتجان من المركب S-methyl methionine sulfonium.

ب- ينتج فى الفاصوليا المعلبة المركبات التالية: 2-methyltetrahydrofuran، و -2 methoxy furfural، و 5-methyl furfural، و furfurol، و furfural.

٢- تنتج عديد من المركبات عند تسخين المركبات الكربوهيدراتية، ومن أمثلة ذلك المركبات التالية:

Formaldehyde	Furan
Acetaldehyde	2-methylfruan
Glycolaldehyde	2,5-dimethyl furan
Glyoxal	Furfurol
Lactic aldehyde	Furfural
Acrelein	5-methyl furfural
5-hydroxymethyl furfural	Pyruvaldehyde
Acetone	2-furylmethyl ketone
Acetol	2-furylhydroxymethyl ketone
Dihydroxyacetone	Isomaltol
1-Methylcyclopentenol (2)-one-(3)	4-hydroxy-2,5-dimethyl-3 (2H)-furanone
Hydroxydiacetyl	Maltol
Diacetyl	Acetone

٣- تتكون الألدهيدات عند تسخين المواد الكربوهيدراتية مع الـ α-amino acids (Stevens ١٩٧٠).

تأثير العوامل البيئية على النكهة المميزة للخضر

تتأثر النكهة المميزة لمحاصيل الخضر بالممارسات الزراعية، وبالظروف البيئية السائدة أثناء الإنتاج.

ترتفع نسبة السكر فى درجات الحرارة المنخفضة، بينما تقل الحلاوة وتنخفض نسبة السكر عند ارتفاع درجة الحرارة فى عديد من الخضروات، سواء أكان التعرض لدرجة الحرارة قبل الحصاد أم بعده؛ كما فى البطاطس، والبسلة، والذرة السكرية؛ ويرجع ذلك إلى أن السكر يدخل فى عدة تفاعلات فى النبات؛ منها ما يلى:

أ- التحول الإنزيمى للسكر إلى النشا.

ب- التحول الإنزيمى للنشا إلى سكر.

جـ- احتراق السكر أثناء التنفس وإنتاج ثانى أكسيد الكربون، وماء، وطاقة.

ففى درجات الحرارة المرتفعة يزداد معدل التفاعلات الثلاثة، لكن الزيادة فى التفاعل الثالث تكون أكبر؛ وبذلك يظل مستوى السكر منخفضًا. وفى درجات الحرارة المنخفضة يقل معدل التفاعلات الثلاثة، لكن الانخفاض يكون أكبر فى التفاعل الأول والثالث، ولا يتأثر التفاعل الثانى بنفس القدر. ويؤدى ذلك إلى زيادة نسبة السكر فى النبات (Edmond ١٩٧٥وآخرون).

٢- تأثير الرطوبة الأرضية:

يؤدى الجفاف ونقص الرطوبة الأرضية إلى تحسن واضح فى الطعم المميز للخضروات. وقد ثبت ذلك تجريبيًّا ًا فى كل من الجزر، والكرنب، والكرسون المائى، والبصل، ولوحظ فى عديد من الخضر الأخرى؛ كالبطيخ، والشمام، والطماطم. وقد لوحظ كذلك أن نقص الرطوبة الأرضية يؤدى إلى ظهور طعم مر فى كرنب بروكسل.

٣- تأثير التسميد:

تؤدى زيادة التسميد الآزوتى إلى ضعف الطعم المميز فى كل من الفراولة، والطماطم، والخيار، والفلفل، وإلى ظهور طعم ورائحة قوية بدرجة غير مرغوبة فى الصليبيات. هذا .. بينما يتحسن الطعم غالبًا عند الاهتمام بالتسميد البوتاسى. وفى البطاطا يتحسن الطعم مع الاهتمام بتوفير البورون للنبات (Arthey ١٩٧٥).

ولمزيد من التفاصيل عن تأثير التسميد على صفات الجودة فى محاصيل الخضر (يراجع Minotti ١٩٧٥).

٤- تأثير ملوحة التربة ومياه الرى:

تؤدى زيادة الملوحة الأرضية إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وخاصة نسبة السكر. وقد أسلفنا شرح ذلك.

القوام

يعد القوام Texture من صفات الجودة التى يصعب تعريفها أو قياسها. ولبيان ذلك نقدم فيما يلى قائمة بالمصطلحات التى تستخدم فى وصف القوام:

١- مصطلحات وصفية: وهى ذات مدلولات وصفية لا يمكن قياسها بدقة، مثل:

Hardness	Gumminess	Flakiness
Brittleness	Fibrousness	Fleshiness
Flabbiness	Mealiness	Firmness
Ripeness	Blandness	Lumpiness
Toughness	Smoothness	Oilness
Tenderness	Chewiness	Grittiness
Springiness	Juiciness	Crustiness
Stickness	Crispness	Shortness

٢- مصطلحات كمية: وهى لمواصفات يمكن قياسها بدقة، مثل:

Elasticity Plasticity Viscosity

ويتحدد القوام بمكونات الخضر من الجدر الخلوية، والعصير الخلوى، وخلافه، وتركيب هذه المكونات وتركيزها. ونظرًا لأن هذه المكونات تكون فى تغير مستمر قبل الحصاد وبعده؛ لذا .. نجد أن القوام يكون هو الآخر فى تغير ديناميكى مستمر.

يقدر قوام البطاطس بدرجة نشويتها (القوام الدقيقى من الدقيق mealiness) ودرجة شمعيتها. وقد أوضحت عديد من الدراسات أن لنسبة النشا علاقة بالقوام. فمن المعتقد أنه يحدث ضغط داخلى بخلايا الدرنة عند تسخينها يتسبب فى إحداث (سيولة) gelation للنشا. ومن المعتقد كذلك أن هذا الضغط الداخلى يرتبط

بنسبة النشا فى الدرنات، وأنه يؤدى إلى تمزق الجدر الخلوية وانفصال الخلايا أحيانًا. وبرغم أن محتوى النشا يعتبر عاملاً هامًا، إلا أنه ليس بالعامل الوحيد المؤثر على قوام البطاطس، فكل المكونات المبينة فى جدول (٢٠-٢) تؤثر على درجة النشوية (Hoff ١٩٧٣).

جدول (٢٠-٢): العوامل المؤثرة على قوام البطاطس.

المكونات المؤثر على القوام	التأثير على القوام النشوى أو الدقيقى بالزيادة (+) أو بالنقصان (-)
النشا	+
الكالسيوم	-
الأحماض العضوية (الستريك)	+
حجم الخلية	+
عمر الدرنة (مدة التخزين)	-
نسبة الأميلوز إلى الأميلوبكتين	-
البكتين	- (تأثيره مؤقت)
Pectin Free carboxyl	- (تأثيره مؤقت)
Pectin methylesterase	- (تأثيره مؤقت)
البوتاسيوم	- (تأثيره مؤقت)
المغنيسيوم	- (تأثيره مؤقت)
الثبات الحرارى للأغشية الخلوية	+ (تأثيره مؤقت)

تعريف الصفات الدالة على القوام

تقسم الصفات التى تعتبر دليلاً على القوام كما يلى:

١- الصلابة Hardness:

تعد الصلابة مقياسًا للقوة التى تلزم لإحداث تشوه معين فى المنتج المختبر.

٢- التماسك Cohesiveness:

يعبر التماسك عن متانة الروابط الداخلية التى تصنع جسم المنتج.

٣- القابلية للتكسر أو التقصف Brittleness:

هى دليل على القوة التى تلزم لتكسير أو تقصيف المنتج المختبر.

٤- الغضاضة أو الطراوة Tenderness:

تعد الغضاضة مقياسًا للطاقة التى تلزم لهرس منتج صلب لجعله فى حالة صالحة للبلع.

٥- الصمغية Gumminess:

تعد الصمغية مقياسًا للطاقة التى تلزم لتفكيك منتج نصف صلب.

٦- اللزوجة Viscosity:

تمثل اللزوجة معدل التدفق لكل وحدة قوة.

٧- المرونة Elasticity:

تمثل المرونة معدل رجوع منتج — تم تشويهه — إلى حالته الطبيعية بعد إزالة القوة التى أدت إلى هذا التشوه (عن Szczesniak ١٩٦٦).

٨- التليف Fibrousness:

يعد التليف مقياسًا آخر للقوام؛ حيث تتدهور صلاحية الخضر للاستهلاك كلما ازدادت بها نسبة الآلياف. وتنشأ الألياف من تلجنن الجدر الخلوية فى البيريسيكل والحزم الوعائية.

ويمكن تقدير نسبة الألياف — بسهولة — باستخدام juicerator يدور بمعدل ٣٦٠٠ دورة فى الدقيقة أثناء تقطيعه لأنسجة النبات؛ حيث تؤدى قوة الطرد المركزى إلى قذف الأنسجة المقطعة تجاه شبكة يمر من خلالها العصير، بينما تتبقى الألياف (Baxter وآخرون ١٩٨٧).

الأجهزة المستخدمة فى تقدير القوام

نظرًا لتعدد الصفات الدالة على القوام؛ لذا .. فإننا نجد أن نوعيات الأجهزة المستعملة فى قياس هذه الصفة تتعدد هى الأخرى، ومن أمثلتها ما يلى:

١- الـ Tendrometer: يستخدم بصفة خاصة فى البسلة الخضراء. ويوجد ارتباط قوى بين قراءة الجهاز ونسبة المواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الكحول (AIS) فى البسلة.

٢- الـ Magness-Taylor Pressure Tester وغيره من أنواع الـ Pressure Testers، وجميعها تعتمد على نفس المبدأ، وهو حساب القوة اللازمة لدفع ذراع ذات مساحة مقطع معينة داخل ثمرة الخضر.

٣- الـ Fibrometer.

٤- الـ Fiber Pressure Tester.

٥- الـ Texturemeter.

٦- الـ Succulometer.

٧- الـ Firm-o-meter.

٨- الـ Texture Tester.

وتقسم وسائلُ قياس القوام الكمية كما يلى:

١- المخترقات Penetrometers:

تقيس المخترقات القوة اللازمة لاختراق المُنتج، أو العمق الذى يصل إليه الاختراق بعد بذل قوة دفع معينة.

٢- الضاغطات Compressors:

تقيس الضاغطات مدى مقاومة المُنتج للضغط؛ وهو مقياس لمدى الصلابة.

٣- أجهزة قياس قوام السوائل Consistometers:

تقيس هذه الأجهزة قوام السوائل والمواد نصف الصلبة باختبار مدى مقاومتها للتدفق.

٤- أجهزة قياس القوة القاصّة Shearing Devices:

تسجل هذه الأجهزة القوة التى تلزم لقطع أو تقسيم المُنتج المختبر (عن Szczesniak ١٩٦٦).

صفات الجودة المورفولوجية

تحدد القوانين صفات الجودة المورفولوجية التى ينبغى توافرها فى محاصيل الخضر المعروضة للبيع. ويعطى Kader وآخرون (١٩٨٥) قائمة بالصفات التى تؤخذ فى الحسبان بالنسبة لجميع محاصيل الخضر — كلٍّ على حدة — والتى تحددها القوانين المنظمة لذلك فى كل من وزارة الزراعة الأمريكية وولاية كاليفورنيا.

تعريف العيوب الفسيولوجية

يقصد بالأضرار والعيوب الفسيولوجية Physiological Disorders تلك النموات غير الطبيعية والظواهر المرضية التى تحدث فى محاصيل الخضر، والتى ترجع إلى تغيرات غير مرغوبة فى العوامل البيئية. وتحط هذه الأضرار والعيوب من نوعية الخضر، وقد تفقدها قيمتها الاقتصادية.

ويعتبر النقص — وأحيانًا الزيادة غير المرغوبة — فى العناصر الغذائية من أهم العوامل المسببة للعيوب الفسيولوجية (Maynard ١٩٧٩). كما أن للتغيرات فى درجة الحرارة بالارتفاع أو بالانخفاض أهمية كبيرة فى هذا الشأن. ولا يخفى ما لشدة الإضاءة والرطوبة الأرضية والجوية من تأثير بالغ فى ظهور بعض العيوب الفسيولوجية.

أضرار ملوثات الهواء

سبق أن تناولنا بالشرح تأثير المركبات التى تلوث الهواء الجوى Air Pollutants على محاصيل الخضر (الفصل الرابع). وتعد الأضرار التى تحدثها هذه المركبات بمحاصيل الخضر من العيوب الفسيولوجية، كما أن الأضرار التى تحدثها المبيدات المختلفة — خاصة مبيدات الحشائش — يمكن أن تعد هى الأخرى من العيوب الفسيولوجية.

أضرار الانحرافات الجوية

سبق أن بّينا تأثير زيادة شدة الإضاءة بلفحة الشمس، وهو عيب فسيولوجى شائع الانتشار فى عديد من محاصيل الخضر تحت ظروف الجو الحار والإضاءة القوية.

ويقابل ذلك عيب فسيولوجى آخر ينتشر فى الجو البارد الرطب يسمى بالإديما Edema. وتظهر الإديما على الطماطم، والكرنب، وكرنب بروكسل، والبطاطس، والبطاطا، والقاوون، والفاصوليا فى المناطق المعتدلة والباردة، لكنها لا تكون بحالة خطيرة إلا فى الزراعات المحمية فى بعض الأحيان.

والإديما عبارة عن نمو بارز صغير يظهر على أى جزء من النبات، وبخاصة على السطح السفلى للأوراق، وتقابلها على السطح العلوى انخفاضات واضحة. وقد تلتحم عديد من البروزات معًا مكونة منطقة بارزة على السطح السفلى للورقة. وبعد فترة وجيزة تتمزق هذه الانتفاخات تحت ضغط البروزات، ثم تتحول هذه الأنسجة إلى اللون الأصفر، فالبنى، وتصبح فلينية.

وتتكون الإديما عند التعرض لأى عامل يدفع مجموعات من خلايا الأنسجة الداخلية إلى النمو بمعدلات عالية غير طبيعية. ففى الأراضى الرملية تظهر الإديما عندما يقذف السطح السفلى للأوراق بحبيبات الرمل التى تنقلها الرياح، لكن الإديما تظهر فى أغلب الحالات عندما تكون التربة رطبة ودافئة مع انخفاض درجة حرارة الهواء، أو عند تشبع الهواء بالرطوبة، كما فى الليالى الباردة بعد عدة أيام دافئة رطبة. فَتَحْتَ هذه الظروف تستمر الجذور فى امتصاص الماء بسرعة أكبر مما يفقد بالنتح.

ويمكن تجنب ظهور حالات الإديما بتنظيم الرى والتهوية فى الزراعات المحمية؛ بحيث لا تظل التربة، أو هواء البيت مشبعًا دائمًا بالرطوبة، مع مراعاة أن تقترب حرارة التربة من حرارة الهواء ليلاً، وأن تكون الإضاءة جيدة نهارًا (Chupp & Sherf ١٩٦٠).

ولقد أمكن التوصل إلى محلول لرش الثمار والنموات الخضرية للخضر والفاكهة يقلل من إصابتها بلسعة الشمس. يحتوى هذا المحلول على شمع كارنوبا carnauba wax ومستحلب organoclay. يعمل مستحلب الشمع على عكس الضوء الساقط على النموات النباتية ويزيد من فاعلية الشموع السطحية الطبيعية فى هذا الشأن، بينما يزيد الـ organoclay من عكس الضوء. عندما جُرِّب هذا المحلول على التفاح فإنه كان أكثر

فاعلية فى حماية الثمار من الإصابة بالتلون البنى وليس التحلل اللذان تسببهما لسعة الشمس، دون أن تظهر للمعاملة أى آثار سلبية على النموات الخضرية أو البناء الضوئى أو النتح. ويسوق هذا المحلول تحت الاسم التجارى RAYNOX (Schrader ٢٠١١).

أمثلة للعيوب الفسيولوجية فى محاصيل الخضر

يمكن إرجاع عديد من العيوب الفسيولوجية إلى أكثر من مسبب واحد؛ ولذا .. نجد أن من الصعوبة تقسيمها حسب مسبباتها الأولية.

ونذكر فيما يلى – بإيجاز – أهم العيوب الفسيولوجية الشائعة الانتشار فى محاصيل الخضر الرئيسية مع بيان مسبباتها المختلفة.

١– الطماطم

تصاب الطماطم بعديد من العيوب الفسيولوجية؛ من أهمها ما يلى:

أ–تعفن الطرف الزهرى Blossom End Rot:

تظهر الإصابة فى الطرف الزهرى للثمرة على شكل بقعة مستديرة جلدية جافة لونها رمادى يميل إلى السواد. وتكون هذه المنطقة ضعيفة، وتشكل منفذًا سهلاً للكائنات الدقيقة التى يمكن أن تصيب الثمرة بالعفن (شكل ٢٠–١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

تظهر الإصابة عند حدوث نقص حاد فى الرطوبة الأرضية، وخاصة بعد فترة من توفر الرطوبة بانتظام. ويساعد أيضًا على ظهور الإصابة نقص امتصاص النبات لعنصر الكالسيوم،وهو الأمر الذى قد يحدث عند نقص الكالسيوم الميسر فى التربة، أو عند زيادة التسميد البوتاسى أو النشادرى. وتعتبر الأصناف ذات الثمار الطويلة أكثر حساسية للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى.

وبالمقارنة بالرى الخفيف الذى لا يُلبى كل حاجة النبات، فإن حجب الرى عن جانب من النمو الجذرى منع ظهور حالة تعفن الطرف الزهرى بثمار الطماطم. ولذا .. فإن هذا الإجراء الأخير ربما يكون هو الأفضل عند شحة مياه الرى (Sun وآخرون ٢٠١٣).

ب- تشقق الثمار Fruit Cracking:

توجد منه ثلاثة أنواع: التشقق الدائرى Concentric Cracking (شكل ٢٠-٢أ؛ يوجد فى آخر الكتاب) ويمتد فى دوائر كاملة أو متقطعة غالبًا على كتف الثمرة حول العنق، والتشقق العمودى Radial Cracking (شكل ٢٠-٢ب؛ يوجد فى آخر الكتاب) ويمتد عموديًا من عنق الثمرة نحو الطرف الزهرى، لكنه نادرًا ما يتعدى منتصف الثمرة، والتفلق Bursting ؛ وهو يحدث فى أى مكان بالثمرة وبأى شكل.

ويظهر التشقق الدائرى فى الثمار الخضراء، ويكون سطحيًا، بينما يظهر التشقق العمودى غالبًا فى الثمار الحمراء، ويكون عميقًا، وربما لا يلتئم ويشكل منفذًا لإصابة الثمرة بالكائنات المسببة للعفن، ويُعد أكثر خطورة من التشقق الدائرى. أما التفلق، فإنه يظهر غالبًا فى الثمار الحمراء الناضجة، ويكون عميقًا، وربما لا يلتئم.

وتحدث الإصابة عند زيادة الرطوبة الأرضية فجأة بعد فترة من الجفاف. كما تحدث الإصابة بالتفلق فى الثمار الحمراء الناضجة عند رى الحقل قبل الحصاد.

جـ - الجيوب Puffiness:

تظهر الجيوب على شكل فراغات بمساكن الثمار، فلا تمتلئ بالمشيمة. وتخلو هذه الثمار من المادة الجيلاتينية التى توجد حول البذور، كما تقل فيها البذور، وتكون مضلعة من الخارج. وتحدث الإصابة فى الظروف التى لا تسمح بالتلقيح الجيد كما فى الجو البارد أو عند دفع الثمار للعقد برش العناقيد الزهرية بمنظمات النمو.

د - النضج المتبقع (غير المنتظم أو التلطخ) Blotchy Ripening:

يظهر النضج المتبقع على شكل تبقعات صفراء اللون بالثمار الحمراء الناضجة، مع ظهور أنسجة بيضاء أو صفراء أو رمادية بالثمرة مقابل المساحات الصفراء على السطح. وتحدث الإصابة عند نقص عنصر البوتاسيوم، كما تؤدى الإصابة بفيرس موزايك التبغ إلى ظهور أعراض مماثلة، وأهم المسببات السموم التى تفرزها حوريات الذبابة البيضاء (من الطراز البيولوجى ب) أثناء تغذيتها (شكل ٢٠-٣؛ يوجد فى آخر الكتاب).

هـ- وجه القط Cat Face:

يظهر وجه القط على شكل تشوهات فى الطرف الزهرى للثمرة، فيكون النمو غير منتظم. وتبدو بعض الأنسجة كأنها تمتد من داخل الثمرة نحو الخارج، وتكون هذه الثمار قليلة البذور. وتكثر هذه الحالة عند العقد فى الجو البارد، خاصة فى الأصناف ذات الثمار الكثيرة التفصيص؛ بحيث تحدث الإصابة فى الظروف التى لا تسمح بالتلقيح الجيد.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للطماطم .. يراجع حسن (١٩٩٨).

٢- البطاطس

تصاب البطاطس هى الأخرى بعديد من العيوب الفسيولوجية؛ من أهمها ما يلى:

أ-القلب الأسود Black Heart:

يظهر نسيج أسود متحلل فى مركز الدرنة المصابة. وتكثر هذه الحالة فى الدرنات الكبيرة الحجم عندما تتعرض لنقص الأكسجين فى المخازن؛ ولذلك تشتد الإصابة فى الحالات التى لا يعتنى فيها بتهوية المخازن، أو عند ارتفاع درجة حرارة التخزين؛ حيث يستنفذ الأكسجين فى التنفس، وتموت الأنسجة الداخلية للدرنة؛ وذلك لعدم حصولها على حاجتها من الأكسجين (شكل ٢٠-٤؛ يوجد فى آخر الكتاب).

ب- القلب الأجوف Hollow Heart:

يظهر القلب الأجوف على شكل تجويف فى مركز الدرنة الكبيرة الحجم، ويحدث فى الظروف التى تشجع على النمو السريع للدرنات (الزراعة على مسافات واسعة، وفى الظروف البيئية الجيدة مع الرى المنتظم والتسميد الجيد)؛ حيث تنمو الأنسجة الخارجية للدرنة بسرعة أكبر من مقدرة الأنسجة الداخلية على النمو لملء مركز الدرنة (شكل ٢٠-٥؛ يوجد فى آخر الكتاب).

جـ - الترييش Feathering:

يظهر الترييش فى صورة تسلخ بجلد الدرنة، وسريعًا ما تتحول التسلخات إلى اللون

الرمادى، فالأسود. يحدث التريش عند حصاد الدرنات وهى غير مكتملة النضج، ثم تعرضها بعد الحصاد مباشرة لجو حار مع أشعة شمس قوية. وتزيد الإصابة عند تعرض الدرنات للتجريح بعد الحصاد مباشرة بسبب سوء عمليات التداول.

د- الاخضرار Greening:

الاخضرار هو تلون جلد الدرنة بلون أخضر يتراوح فى شدته بين اللون الأبيض المخضر قليلاً واللون الأخضر الواضح، ويتراوح سمك الطبقة الخضراء بين ملليمترين أو أقل — تحت جلد الدرنة — وعدة سنتيمترات حتى مركز الدرنة (شكل ٢٠-٦؛ يوجد فى آخر الكتاب). ويرجع اللون إلى صبغة الكلوروفيل التى تتكون عند تعرض الدرنات للضوء، والتى يتوقف تركيزها على مدة التعرض للضوء وشدة الإضاءة. هذا .. ويصاحب ظهور اللون الأخضر تكوّن مادة السولانين السامة فى نفس الأنسجة المصابة بالاخضرار.

هـ- النمو الثانوى Secondary Growth:

تبدو الدرنات ذات النمو الثانوى مشوهة، وغير منتظمة الشكل بظهور بروز فى أماكن بعض العيون بالدرنة. ويشكل هذا البروز نموًا غير مكتمل للبراعم التى توجد بهذه العيون. وتحدث هذه الحالة عند تعرض الدرنات قبل الحصاد لفترة من الجفاف، تليها فترة تتوفر فيها الرطوبة الأرضية، مع ارتفاع كبير فى درجة الحرارة؛ حيث تؤدى هذه الظروف إلى إنهاء حالة السكون فى الدرنات الحديثة التكوين، وتبدأ براعمها فى النمو.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للبطاطس .. يراجع حسن (١٩٩٩).

٣- القنبيط

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالقنبيط ما يلى:

أ-تلون القرص باللون البنى Browning:

تتلون أنسجة القرص باللون البنى نتيجة لنقص عنصر البورون. ويظهر أيضًا تجويف داخلى بالساق تتلون جوانبه كذلك باللون البنى.

ب- طرف السوط Whiptail:

يتشوه نصل الورقة ويبدو متآكلاً ورفيعًا. وفى الحالات الشديدة لا يظهر سوى العرق الأوسط للورقة، ويحدث نتيجة لنقص عنصر الموليبدنم.

جـ - التزرير Buttoning:

تتكون أقراص صغيرة لا تصلح للتسويق. وتحدث هذه الحالة عند بقاء الشتلات فى المشتل لمدة أطول مما يلزم، وعند تعرض النباتات فى الحقل لنقص الرطوبة الأرضية والآزوت.

د - غياب القمة النامية Blindness:

يؤدى موت القمة النامية للنبات - بسبب سوء تداول الشتلات، أو الشتل بطريقة غير سليمة، أو نتيجة أكل الحشرات لها - إلى عدم نمو القرص، وتكون الأوراق كبيرة، ومجعدة، وسميكة، وجلدية، وذات لون أخضر داكن. وقد تصل نسبة هذه النباتات إلى نحو ١٠٪ من مجموع النباتات فى الحقل عند اشتداد الإصابات الحشرية فى المشتل. ويطلق على النباتات التى تظهر عليها هذه الحالة اسم نباتات "دكر".

هـ - تفكك القرص:

يصبح القرص مفككًا غير مندمج. ويحدث ذلك عند تركه دون حصاد بعد وصوله إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد.

و- تلون القرص باللون الأصفر:

يحدث ذلك عند تعرض القرص لضوء الشمس المباشر.

ز - القرص الزغبى والقرص المتورق:

تظهر نموات زغبية فى القمم الميرستيمية للقرص، كما تنمو به الأوراق عند تركه دون حصاد مع ارتفاع درجة الحرارة.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للقنبيط .. يراجع حسن (٢٠٠٣).

٤- الفجل

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالفجل ما يلى:

حالة"التخويخ" أو الجذر الإسفنجى Pithiness :

تصبح الأنسجة الداخلية للجذر إسفنجية، وقد تظهر فجوة بمركز الجذر. ويحدث ذلك عند ارتفاع درجة الحرارة، مع ترك الجذر دون حصاد، وخاصة فى الأصناف ذات الجذور الكروية.

٥- الثوم

من العيوب الفسيولوجية التى تظهر فى الثوم ما يلى:

أ- التفريغ:

يضمر الفص بشدة، وتصبح رأس الثوم فارغة. ويحدث ذلك عند زيادة فترة التخزين فى المخازن العادية غير المبردة.

ب-الانهيار الشمعى Waxy Breakdown :

يظهر هذا العيب الفسيولوجى أثناء التخزين عندما تكون النباتات قد سبق تعرضها لدرجة حرارة مرتفعة أثناء النمو، وتظهر بالفصوص مناطق غائرة قليلاً، لونها أصفر فاتح، ثم لا يلبث أن يتحول الفص كله إلى اللون العنبرى، ويصبح شمعى المظهر، لكنه يظل صلبًا.

٦- البصل

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر فى البصل ما يلى:

أ-الرقبة السميكة Thick Necks :

تبدو أعناق الأبصال المصابة بالرقبة السميكة وقد تضخمت بصورة غير عادية؛ حيث قد يصل قطرها إلى ١,٥-٢,٥ سم. وتكون هذه الأبصال أقل فى قيمتها الاقتصادية، وأضعف قدرة على التخزين، وأكثر قابلية للإصابة بأمراض المخازن التى تؤدى إلى تعفنها.

تظهر هذه الحالة فى الظروف التى تشجع على استمرار النمو الخضرى، وتكوين أوراق جديدة حتى وقت متأخر قبيل الحصاد؛ فهذه الأوراق تكون قائمة نضرة عند

الحصاد؛ ومن ثم تكون رقبة البصلة سميكة. ويعد استمرار التسميد الآزوتى فى نهاية موسم النمو من أهم مسببات هذه الظاهرة.

ب- الأبصال المزدوجة Double Bulbs:

تختلف نسبة الأبصال المزدوجة من صنف لآخر، ولكنها تتأثر كثيرًا بالعوامل البيئية. ومن أهم تلك العوامل: زيادة مسافة الزراعة، واستعمال شتلات كبيرة الحجم فى الزراعة، وزيادة معدلات التسميد الآزوتى، وعدم انتظام الرى، وانخفاض الحرارة فى المراحل المتقدمة من موسم النمو.

جـ - لفحة الشمس SunScald:

تحدث الإصابة بلفحة الشمس عند تعرض الأبصال الحديثة الحصاد أو غير الناضجة لأشعة الشمس القوية. تموت الأنسجة فى جزء البصلة المعرض للأشعة القوية. وتصبح هذه الأنسجة — بعد ذلك — طرية ومنزلقة، ثم تفقد نسبة عالية من رطوبتها بالتبخير. وتصبح المنطقة جلدية وغائرة وبيضاء اللون، وتكون عرضة للإصابة بالأعفان.

ولمزيد من التفاصيل عن عيوب البصل والثوم الفسيولوجية .. يراجع حسن (١٩٩٩).

٧- القرعيات

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالقرعيات ما يلى:

أ-تعفن الطرف الزهرى فى البطيخ:

تبدو منطقةالطرف الزهرى للثمرة سوداءاللون، ذابلة، جلدية الملمس. ويحدث المرض عند تعرض النباتات فى الحقل لظروف الجفاف والتقلباتالشديدة فى الرطوبة الأرضية. ولا يظهر المرض إلا فى الأصناف ذات الثمار المستطيلة.

ب-عدم انتظام شكل الثمار:

يظهر هذا العيب الفسيولوجى فى ثمار القرعيات، ويرجع إلى سوء العقد والظروف التى لا تساعد على التلقيح الجيد؛ مثل: الارتفاع أو الانخفاض الشديد فى درجة الحرارة أثناء العقد.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للقرعيات بصورة عامة .. يراجع حسن (٢٠٠١).

٨- الخس

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالخس ما يلى:

أ- احتراق حواف الأوراق Tipburn:

تحترق حواف الأوراق الداخلية برأس الخس. ويحدث ذلك فى الظروف التى تشجع على النمو السريع؛ حيث لا تحصل الأوراق الداخلية على كامل حاجتها من الكالسيوم. ولا يظهر المرض إلا فى الأصناف التى تكوّن روسًا؛ حيث لا تنتح الأوراق الداخلية؛ ومن ثم لا تصل إليها كفايتها من الكالسيوم الذى ينتقل فى النبات مع تيار ماء النتح.

ب- تلون العرق الوسطى باللون البنى:

يحدث ذلك عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء النمو.

جـ - التبقع الصدئ Russet Spotting: تظهر بقع صغيرة برونزية أو بنية أو زيتونية اللون بالأوراق والعروق. وتحدث الإصابة بعد الحصاد بسبب التعرض لغاز الإثيلين فى المخازن. وتزداد حساسية الخس للإصابة إذا تعرض قبل الحصاد لدرجة حرارة ٣٠°م لمدة ٢-١٠ أيم.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للخس .. يراجع حسن (٢٠٠٣أ).

٩- الجزر

يصاب الجزر بعدد من العيوب الفسيولوجية من أهمها ما يلى:

أ- التفرع Forking:

يتفرع الجزر بسبب موت القمة النامية. ويحدث ذلك فى حالة التسميد الغزير بالأسمدة الحيوانية الطازجة التى تحتوى على تركيزات مرتفعة من اليوريا؛ التى تؤدى إلى الإضرار بالقمة النامية.

ب- اخضرار الأكتاف:

يحدث ذلك عند تعرض أكتاف الجذور لضوء الشمس المباشر وهى فى الحقل.

جـ - عدم انتظام شكل الجذر:

يحدث ذلك عندما تعترض طريق نمو الجذور حصى أو صخور، وعندما تكون الزراعة كثيفة. وتلتوى بعض الجذور بعضها على بعض أثناء نموها.

١٠- الكرفس

من أهم العيوب الفسيولوجية التى يصاب بها الكرفس ما يلى:

أ-احتراق حواف الأوراق:

تحترق حواف الأوراق الداخلية للرأس عند عدم حصولها على حاجتها من عنصر الكالسيوم. ويحدث ذلك فى الظروف التى يحدث فيها المرض الفسيولوجى المماثل فى الخس.

ب-تلون أعناق الأوراق باللون البنى:

يحدث ذلك فى الجانب الداخلى لأعناق الأوراق فى صورة تشققات بنية اللون، وكذلك فى مواضع البروزات بالجانب الخارجى للأعناق، ويرجع إلى نقص عنصر البورون.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية فى الجزر، والكرفس .. يراجع حسن (٢٠٠٣ب).

١١- الأسبرجس

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالأسبرجس ما يلى:

الترييش Feathering:

يظهر المرض فى صورة تفتح للقنابات bracts بالمهاميز spears عند ارتفاع درجة الحرارة.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية فى الأسبرجس .. يراجع حسن (٢٠٠٤).

١٢- الفلفل

من أهم عيوب الفلفل الفسيولوجية تعفن الطرف الزهرى (شكل ٢٠-٧؛ يوجد فى آخر الكتاب) ولفحة الشمس، وكلاهما يماثل الطماطم من حيث الأعراض والمسببات.

١٣- البسلة

من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالبسلة ما يلى:

أ- اصفرار البذور:

يحدث ذلك عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء النضج، وخاصة مع زيادة التسميد الآزوتى؛ حيث تصبح البذور الخضراء ضاربة إلى الصفرة.

ب- القلب الأجوف:

تظهر فجوة من نسيج ميت فى الجانب الظهرى للفلقات فى البذور الجافة، ويحدث ذلك عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء تجفيف البذور.

جـ- الفجوات البنية المركزية Marsh Spot:

تظهر فجوات بنية اللون فى مركز البذور بالفلقات، تُرى عند فصل الفلقتين كُلٍ منهما عن الأخرى. ويحدث ذلك عند نقص عنصر المنجنيز.

١٤- الفاصوليا

تعد لفحة الشمس من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر على الفاصوليا الخضراء.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للخضر البقولية .. يراجع حسن (٢٠٠٢أ).

١٥- الفراولة

يعتبر عدم انتظام شكل الثمرة — بسبب سوء التلقيح، وعدم عقد جميع البذور الحقيقية للثمرة المتجمعة — أهم عيوب الفراولة الفسيولوجية.

ولمزيد من التفاصيل عن العيوب الفسيولوجية للفراولة .. يراجع حسن (٢٠٠٢ب).

العيوب الفسيولوجية التى يسببها نقص العناصر

يسبب نقص العناصر بعض العيوب الفسيولوجية. وفيما يلى توضيح لذلك.

العنصر	المحصول	العيب الفسيولوجى
الفوسفور	البطاطس	التبقع الداخلى
	الخيار	رداءة لون الثمار
	الذرة السكرية	عدم اكتمال امتلاء القرون
البوتاسيوم	الصليبيات	تفكك الرءوس وعدم امتلائها
	الخضر الورقية	انسفاع (احتراق) الأوراق
	الخضر الجذرية	تشوة الجذور
	الكرفس	قصر أعناق الأوراق
	البقوليات	عدم امتلاء القرون
	البطيخ والقاوون	تشقق الطرف الزهرى
	الخيار	تشوه الثمار
الكالسيوم	الصليبيات	احتراق قمم الأوراق
	الطماطم والفلفل	تعفن الطرف الزهرى
	الخضر الجذرية	تشوه الجذور وتكون مناطق غائرة فيها
	خضر السلاطة	احتراق قمم الأوراق والقلب الأسود
	البقوليات	عدم تكوّن البذور بشكل جيد
المغنيسيوم	الكرفس	التبرقش
	الخس	التبرقش على صورة اصفرار بين العروق
	الخضر الورقية	الاصفرار والتبرقش
	البقوليات	تبقع الأوراق الفلقية
النحاس	الخس	تفكك الرؤس وانحناء حواف الأوراق إلى الداخل
	البصل	بهتان لون الحراشيف الخارجية وضعف سمكها
الموليبدنم	الخس	ضعف تكوّن قلب الرأس
	الصليبيات	طرف السوط

العنصر	المحصول	العيب الفسيولوجى
البورون	الخس	تشوه القمة النامية وانحناء حواف الأوراق إلى الداخل
	الصليبيات	التلون البنى وتجوف الساق
	الخضر الورقية	تجوف الساق واصفرار الأوراق
	الخضر الجذرية	تجوف الجذور وتفلقها وتبقعها داخليًا
	البطاطس	خشونة ملمس الدرنات وصغر حجمها
	الكرفس	تشقق الساق

وبالإضافة إلى ما تقدم، فإن زيادة النيتروجين تؤدى إلى:

١- تكوّن الجل الأخضر green gel فى ثمار الطماطم.

٢- زيادة نسبة الأبصال المزدوجة المقفولة والمفتوحة.

أضرار نقص الكالسيوم

يعد الكالسيوم من أهم العناصر التى يؤدى نقصها إلى ظهور عيوب فسيولوجية عديدة فى محاصيل الخضر، وقد سبقت الإشارة إلى بعضها. وفيما يلى قائمة كاملة بالعيوب الفسيولوجية التى يسببها نقص هذا العنصر فى محاصيل الخضر (عن Wills وآخرين ١٩٨١).

محصول الخضر	العيب الفسيولوجى
الفاصوليا	تحلل السويقة الجنينية السفلى **Hypocotyl Necrosis**
كرنب بروكسل	التلون البنى الداخلى **Internal Browing**
الكرنب	احتراق حواف الأوراق الداخلية **Internal Tipburn**
الكرنب الصينى	احتراق حواف الأوراق الداخلية
الجزر	الفراغات **Cavity Spot** والتشقق **Cracking**
الكرفس	القلب الأسود **Black Heart**
الشيكوريا	القلب الأسود، والقلب البنى، واحتراق حواف الأوراق
الخس	احتراق حواف الأوراق

محصول الخضر	العيب الفسيولوجى
الجزر الأبيض	الفراغات **Cavity Spot**
الفلفل	تعفن الطرف الزهرى **Blossom End Rot**
البطاطس	فشل نمو البراعم **Sprout Fsailure**، واحتراق حواف الأوراق
الفراولة	احتراق حواف الأوراق
الطماطم	تعفن الطرف الزهرى
البطيخ	تعفن الطرف الزهرى

هذا .. ولا يشترط أن يكون نقص الكالسيوم فى العضو الاقتصادى من النبات (كالثمار فى حالة تعفن الطرف الزهرى) مردة إلى نقص الكالسيوم فى النبات، وذلك لأن العيب الفسيولوجى يبدأ عندما يزيد الطلب على الكالسيوم فى العضو الاقتصادى (الثمار مثلاً) عن إمداد العنصر. وقد يحدث ذلك حتى مع توفر إمدادات كبيرة من العنصر فى التربة وفى الأعضاء الأخرى من النبات كالسيقان والأوراق.

ومن أهم أسباب عدم امتصاص النبات لكميات كافية من العنصر، ما يلى:

١- نقص العنصر فى التربة.

٢- وجود منافسة قوية بين الكالسيوم والكاتيونات الأخرى (مثل البوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والأمونيوم) على الامتصاص؛ مما يحد من امتصاص الكالسيوم. ويُعد الأمونيوم أهم تلك الكاتيونات المنافسة. ولذا .. يفضل استعمال الأسمدة النتيراتية بدلاً من اليوريا والأسمدة النشادرية.

٣- وجود شدٍّ رطوبى:

يقلل الشدّ الرطوبى فى التربة من امتصاص الكالسيوم، الذى ينتقل فى النبات مع الماء الذى يفقد بالنتح؛ فلا يصل للثمار سوى البذر اليسر من الكميات القليلة الممتصة، لأن الثمار لا تنتح. هذا .. بينما يتحرك البوتاسيوم والمغنيسيوم للثمار بحرية؛ مما يُعقد من مشكلة نقص الكالسيوم فيها. ولا يفيد رى التربة بعد حالة الجفاف فى علاج هذه الحالة، وإنما يتعين توفر الرطوبة بانتظام خلال موسم النمو.

٤- حدوث أضرار للجذور:

يؤدى تقطيع الجذور بالعزيق أو حدوث أضرار بها جراء إضافة الأسمدة قريبًا منها، وتعرض النبات لظروف الغدق إلى ضعف قدرة الجذور على امتصاص الكالسيوم.

٥- حدوث أضرار للنموات الخضرية:

يؤدى أى ضرر للنموات الخضرية جراء التسميد أو الرش الزائد أو التربية الرأسية والتقليم إلى حالة من الشدّ تؤدى إلى نقص امتصاص الكالسيوم (University of Delaware ١٩٩٧).

أضرار المركبات التى تفرزها النباتات على الأنواع النباتية الأخرى المجاورة لها

يُطلق مصطلح Allelopathy على التفاعلات الكيميائية التى تحدث بين الكائنات الحية، وتعرف المركبات العضوية التى تتضمنها تلك التفاعلات باسم Allelochemicals.

ولا تُعد تلك الـ Allelochemicals مؤثرة — ولا تُحدث حالة شد Stress — إلا حينما تصبح سامة، أو حينما تؤثر على النباتات بطريقة تجعلها أكثر حساسية للعوامل البيئية الأخرى.

كما أن الـ Allelochemicals قد تكون مفيدة للنباتات، وغالبًا ما تتوقف الحدود بين الفائدة والضرر على تركيزها فى محيط النباتات المجاورة للنباتات التى تفرزها.

الججلون

يعد مركب الججلون juglone الذى تفرزه جذور شجرة الجوز — وغيرها من النباتات التابعة للجنس *Juglans* — من أهم الـ Allelochemicals التى تناولها الباحثون بالدراسة. ويؤثر هذا المركب — سلبيًا — على النباتات العشبية التى تنمو مجاورة للأشجار التى تنتجه؛ فهو يؤدى — مثلاً — إلى موت نباتات البرسيم الحجازى والطماطم وغيرهما. كما أن نباتات الطماطم التى زرعت فى أصص — والتى بقيت

جذورها محصورة داخل الأصص — ماتت عندما تعرضت نمواتها الخضرية لقطرات الندى التي تساقطت من أوراق الجوز..

كذلك ماتت أشجار التفاح التي زرعت مجاورة لأشجار الجوز حينما اتصلت جذور كلٍ منهما اتصالا وثيقًا بجذور الأخرى.

ويعرف الججلون بالاسم الكيميائي 5-hydroxy-α-napthaquinone.

ويستدل من دراسات Li وآخرين (١٩٩٣) على أن الججلون juglone (الذي يفرزه نبات *Juglans nigra*) مثبط للعمليات الأيضية؛ حيث يمنع جميع — أو كثيرًا من — العمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية التي تتضمن مجموعة الـ SH في مركبات مثل الأحماض الأمينية، والببتيدات، والإنزيمات.

إفراز الـ Allelochemicals والشروط التي يجب أن تتوفر فيها

عُزلت Allelochemicals أخرى — غير الججلون — من عديد من الأنواع النباتية الأخرى، كما أنها عزلت من مختلف الأعضاء النباتية، ولكن تواجدها يزداد — خاصة — في الأوراق والجذور. وقد توجد مركبات مختلفة من مختلف أعضاء النوع النباتي الواحد.

تتسرب هذه المركبات من النموات القمية للنباتات مع ماء المطر وقطرات الندى، ويزداد معدل تسربها مع قرب وصول الأعضاء النباتية إلى مرحلة الشيخوخة. ويحدث التسرب من الجذور بالانتشار والإفراز، وكذلك عند انهيار بعض الأنسجة الخارجية للجذور؛ كما هي الحالة بالنسبة لقلنسوة الجذر التي تتجدد بصورة دائمة.

وللتأكد من أن مركبًا ما يعد من الـ Allelochemicals، يتعين مراعاة ما يلي:

١- تعريف أعراض الضرر الذي يُحدثه المركب، وربط حدوثها به.

٢- التأكد من استبعاد وجود أية منافسة بين النوعين النباتيين المتجاورين.

٣- عزل المركب.
٤- محاكاة الطبيعة بتعريض النباتات الحساسة له؛ مثلما يحدث فى الطبيعة، وملاحظة تكرار حدوث نفس الأعراض (عن Hale & Orcutt ١٩٨٧).

الرقاد كنمو غير طبيعى

تنمو غالبية محاصيل الخضر مفترشة أو زاحفة؛ لذا .. لا توجد مشكلة رقاد lodging إلا فى حالات خاصة يلزم أن يكون النمو فيها قائمًا؛ كما فى الذرة السكرية، وبعض محاصيل الخضر الأخرى التى يفيد نموها القائم فى زيادة كفاءة حصادها آليًّا.

ومن أهم العوامل التى تسبب رقاد النباتات ما يلى:

١- عوامل موروثة؛ مثل ضعف النمو الجذرى، وانخفاض محتوى اللجنين بالسيقان.
٢- الإصابات المرضية والحشرية التى تُضعف النباتات.
٣- المعاملات الزراعية؛ مثل زيادة كثافة الزراعة، وزيادة معدلات التسميد والرى، وأضرار العزيق.

ويعرف نوعان من الرقاد: رقاد الساق stem lodging وفيه تنحنى الساق لأسفل أو تنكسر فى أى جزء منه، ورقاد الجذور root lodging، وفيه تميل السيقان الكاملة — من عند سطح التربة — إلى أسفل؛ بسبب ضعف النمو الجذرى أو حدوث أضرار له.

ومن أكثر محاصيل الخضر تعرضًا للرقاد التى يلزم حمايتها منه: البسلة، والفلفل، والفاصوليا، والذرة السكرية. وتجدر الإشارة إلى أن حصاد هذه المحاصيل آليًّا يتطلب أن تبقى قائمة فى نموها.

يؤدى الرقاد — دائمًا — إلى نقص المحصول، ويحدث النقص للأسباب التالية:

١- عدم تخلل الضوء للنموات الخضرية بشكل جيد؛ مما يؤدى إلى نقص معدل البناء الضوئى للنبات، ولوحدة المساحة من الأرض.

٢- عدم تخلل الهواء للنموات الخضرية بشكل جيد؛ مما يزيد من فرصة حدوث الإصابات المرضية.

٣- ملامسة البذور والثمار للتربة؛ مما يزيد من فرصة إصابتها بالأعفان.

٤- عدم إمكانية إجراء الحصاد آليًّا، أو ضعف كفاءته (عن Stoffella Khan ١٩٨٦).

الفصل الحادى والعشرون

الحصاد والتداول والتخزين

على الرغم من أن هذا الفصل يُعد من أكبر فصول هذا الكتاب، فإن موضوعه — الحصاد والتداول والتخزين وفسيولوجيا بعد الحصاد — أكبر من أن يغطى كاملاً فى فصل واحد. ويمكن لمن يرغب فى مزيد من الإطلاع مراجعة حسن (٢٠١٠) بشأن أساسيات تداول الحاصلات البستانية وتكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد الحصاد، وحسن (٢٠١١أ)، وحسن (٢٠١١ب) بشأن تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية والخضر غير الثمرية، على التوالى.

المدة من الزراعة إلى الحصاد

يختلف طور النضج المناسب لحصاد الخضر من محصول لآخر، كما يختلف فى المحصول الواحد حسب بعد الأسواق عن مكان الإنتاج، ودرجة الحرارة السائدة، وظروف التخزين، وذوق المستهلك. وتتأثر تبعًا لذلك الفترة من الزراعة للحصاد؛ حيث تتراوح بين نحو ثلاثة أسابيع فى الفجل وحوالى خمسة أشهر، كما فى البطاطا، والكرات أبو شوشة.

وتتباين الخضر الثمرية بشدة فى المدة التى تمر عادة بين عقد الثمار والحصاد؛ فهى حوالى ٣-٧ أيام فى الأصناف المختلفة من الكوسة، و ٧-١٠ أيام فى الفاصوليا، بينما تصل إلى ٦٠-٨٠ يومًا فى أصناف قرع الشتاء، و ٦٠-١١٠ يومًا فى أصناف القرع العسلى. ويوضح جدول (٢١-١) عدد الأيام من التلقيح إلى حين وصول الثمار إلى مرحلة النضج الاستهلاكى فى الخضر المختلفة (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

جدول (٢١-١): عدد الأيام من التلقيح إلى النضج الاستهلاكي تحت الظروف الجوية الملائمة.

المحصول	المدة باليوم
الفاصوليا	٧-١٠
الذرة: للتسويق الطازج	١٨-٢٣
للحفظ والتصنيع	٢١-٢٧
الخيار: للتخليل	٤-٥
للسلاطة	١٥-١٨
الباذنجان	٢٥-٤٠
القاوون	٤٢-٤٦
البامية	٤-٦
الفلفل: النضج الأخضر	٤٥-٥٥
النضج الأحمر	٦٠-٧٠
القرع العسلي (أصناف مختلفة)	٦٠-١١٠
قرع الكوسة: الزوكيني	٣-٤(أ)
الاسكالوب Scallop	٤-٥(أ)
ذات الرقبة الملتوية Crockneck	٦-٧(أ)
قرع الشتاء (أصناف مختلفة)	٥٥-٩٠
الطماطم: النضج الأخضر	٣٥-٤٥
النضج الأحمر	٤٥-٦٠
البطيخ	٤٢-٤٥

(أ) للثمار التي تزن ١٢٥-٢٥٠ جم.

مراحل نضج الثمار

تمر الثمار بمرحلتين أساسيتين للنضج؛ هما: النضج البستاني، والنضج الفسيولوجي.

١- النضج البستاني Horticultural Maturity

النضج البتساني هو المرحلة التي يكتمل فيها نمو الثمار وتصبح صالحة للجمع، ويمكنها أن تستمر في القيام بوظائفها بعد الحصاد حتى تكتسب صفاتها الممتازة التي تجعلها صالحة للأكل، دون الحاجة إلى أن تظل متصلة بالنبات. وتحدث بعد وصول الثمار إلى مرحلة النضج

البستانى تغيرات كيميائية يكتمل بها التكوين الكيميائى الداخلى للثمار، وينشأ عنها اكتساب الثمار لصفاتها التى تجعلها صالحة للأكل. وإذا قطفت الثمار قبل هذه المرحلة، فلا يمكن أن تتغير داخليًّا حتى تصبح صالحة للاستهلاك.

ومن أمثلة مرحلة النضج البستانى فى محاصيل الخضر طور الثمار الخضراء المكتملة النمو فى الطماطم؛ حيث لا تحمر الثمار إذا قطفت قبل وصولها إلى هذه المرحلة، والطور المناسب للحصاد فى أصناف القاوون الشبكى والأملس والكنتالوب؛ حيث تصبح الثمار صالحة للاستهلاك بعد أيام قليلة من وصولها إلى تلك المرحلة.

٢- النضج الفسيولوجى Physiological Maturity

النضج الفسيولوجى هو المرحلة التى يكتمل فيها نضج الثمرة فسيولوجيًّا، وترتفع خلالها سرعة التنفس فجأة بحدوث ظاهرة الكلايمكتريك Climacteric، وتكتمل اثناءها كافة التغيرات الحيوية التى تكسب الثمار الصفات التى تجعلها صالحة للأكل.

وقد يحدث النضج الفسيولوجى بعد قطف الثمار كما فى الحالات التى يكون فيها النضج البستانى قبل وصول الثمار إلى مرحلة النضج الفسيولوجى. وقد يتوافق موعد النضج البستانى مع النضج الفسيولوجى، كما فى ثمار البطيخ وقرع الشتاء والقرع العسلى.

وقد تتفق مرحلة النضج البستانى مع مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك مباشرة، ويكون ذلك قبل وصول الثمار إلى مرحلة النضج الفسيولوجى بوقت طويل، كما فى الخيار، والكوسة، والبامية، والبقوليات الخضراء، والفلفل الأخضر، والباذنجان، وكذلك محاصيل الخضر التى تزرع لأجل أجزائها النباتية الأخرى غير الثمار.

وتحدث – بين مرحلتى النضج البستانى والنضج الفسيولوجى – تغيرات فيزيائية وفسيولوجية؛ منها:

١- تتحول المواد البكتينية من صورة غير ذائبة إلى صورة ذائبة.

٢- يتحلل الكلوروفيل، وتتكون الصبغات التى تعطى الثمار ألوانها الجذابة.

٣- تزداد الحلاوة بتحول النشا إلى سكر.

٤- تكتسب الثمار طعمها المميز لنقص الحموضة وتوازنها مع السكر.

لكن التغيرات تستمر أيضًا - بعد بلوغ الثمار طور النضج الفسيولوجى؛ فتزداد ليونة أنسجة الثمرة، ويفسد طعمها؛ وبذلك تصبح زائدة النضج overripe.

وتجدر الإشارة إلى أن كلمتى: "mature، و ripe" تفيدان - فى العربية - معنى النضج، إلا أن علماء فسيولوجيا ما بعد الحصاد يستعملون المصطلحين لوصف مراحل مختلفة من تطور الثمار. فكلمة "mature" يعنى بها: "مرحلة اكتمال النمو"، والتى يمكن عندها حصاد المنتج؛ بحيث لا تقل نوعيته بعد عمليات التداول (بما فيها عملية الإنضاج إن كانت لازمة) - عن الحد الأدنى المقبول لدى المستهلك؛ وهى مرحلة النضج البستانى التى سبقت الإشارة إليها. أما كلمة "ripe"، فيعنى بها "مرحلة النضج التى يصبح عندها المنتج فى أفضل حالاته للاستهلاك"، وهى مرحلة النضج الفسيولوجى التى أسلفنا بيانها كذلك.

ونجد فى كثير من الفاكهة (الموز - مثلاً - حيث تحصد ثماره وهى خضراء) أن مرحلة النضج maturity المناسبة للحصاد تكون قبل فترة طويلة من مرحلة النضج ripening المناسبة للاستهلاك. ولكن نجد فى معظم الخضروات أن المنتج يصل إلى مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك فى نفس مرحلة صلاحيته للحصاد.

ولمزيد من التفاصيل - حول المصطلحات التى تصف مختلف مراحل نمو، واكتمال نمو، ونضج، وشيخوخة مختلف أنواع المحاصيل البستانية - يراجع Watada وآخرين (١٩٨٤).

العلامات المميزة لمرحلة النضج المناسبة للحصاد

تؤكل ثمار عديد من الخضروات قبل اكتمال نموها، كما فى الكوسة، والخيار، والبامية. وتتوقف صلاحية هذه الثمار للجمع على رغبات المستهلك. فالبعض يفضل الثمار الصغيرة، والبعض الآخر يفضل الثمار الأكبر.

أما بالنسبة للثمار التى يقترب فيها موعد النضج البستانى من موعد النضج الفسيولوجى، فهناك عدة عوامل تؤخذ فى الحسبان لتحديد مرحلة النضج المناسبة للحصاد كالتالى:

١- عمر الثمار: حيث تكمل الثمار نموها ونضجها بعد عمر معين (جدول ٢١-٢).

٢- لون الثمار: يختفى اللون الأخضر للثمار عند استكمال نموها، ويبدأ ظهور لون الثمار المميز.

٣- حجم الثمار: يوجد ارتباط بين حجم الثمار وصلاحيتها للحصاد. ويختلف الحجم المناسب باختلاف الأصناف، لكن يمكن تقديره بالمران والخبرة.

٤- شكل الثمار: تأخذ الثمار أشكالاً خاصة تميزها عند استكمال نموها.

٥- انفصال الثمار: تنفصل ثمرة القاوون عن العنق انفصالاً جزئيًا عند بلوغها مرحلة النضج البستانى، وتكون منطقة الانفصال محيطة تمامًا بالعنق عند تمام نضج الثمار.

٦- درجة الصلابة: تلين الثمار مع تقدمها فى العمر. ويمكن تحديد صلاحية الثمار للحصاد من درجة ليونتها.

٧- الأصوات التى تحدثها الثمار عند الطرق عليها، كما فى البطيخ.

٨- ظهور الرائحة المميزة، كما فى بعض أصناف الشمام.

٩- صعوبة فصل القشرة، كما فى البطاطا، والبطاطس.

١٠- الكثافة النوعية، كما فى البطيخ، والبطاطس.

١١- تكوّن طبقة شمعية على سطح الثمرة (الأديم cuticle)، كما فى الطماطم.

١٢- اكتمال تكوين الشبك على سطح الثمرة، كما فى القاوون الشبكى.

١٣- اندماج الأقراص والرؤوس فى القنبيط، والبروكولى.

١٤- صلابة الرؤوس، كما فى الخس، والكرنب، وكرنب بروكسل.

١٥- تكوّن المادة شبة الجيلاتينية بالثمار، كما فى الطماطم (Kader وآخرون ١٩٨٥).

الأمور التى تجب مراعاتها عند الحصاد

يوجد عديد من الأمور التى يجب أخذها — فى الحسبان — عند اختيار الموعد المناسب للحصاد وعند إجراء عملية الحصاد للمحافظة على النوعية الجيدة للمنتجات كالتالى:

ما تجب مراعاته عند اختيار موعد الحصاد

أهم ما تجب مراعاته عند اختيار موعد الحصاد ما يلى:

١- مكان التسويق، والفترة المتوقع مرورها بين الحصاد والتسويق:

فتجمع — مثلاً — ثمار الطماطم فى طور اكتمال النمو وهى مازالت خضراء إذا أُريد تسويقها فى أماكن بعيدة عن أماكن الإنتاج، بينما تجمع الثمار وهى حمراء إذا أُريد تسويقها فى نفس اليوم، لكن يجب عدم التبكير أكثر من اللازم فى حصاد بعض الخضروات — مثل: الطماطم، والقاوون عند شحنها للأسواق البعيدة — لأن الثمار يجب أن تصل إلى المستهلك وهى فى حالة ناضجة.

٢- درجة الحرارة السائدة:

فتساعد الحرارة المرتفعة على سرعة النضج. ويلزم لذلك الجمع على فترات متقاربة. ومن أكثر الخضروات تأثرًا بالحرارة المرتفعة عند الحصاد: الأسبرجس، والفاصوليا، والبسلة الخضراء، والذرة السكرية.

٣- وقت الحصاد من اليوم:

فيلزم إجراء الحصاد للخضروات التى تفقد جودتها بسرعة فى الصباح الباكر مع حفظها باردة قدر الإمكان، كما يجب عدم ترك الثمار معرضة للشمس بعد جمعها.

وعلى الجانب الآخر .. فإن البروكولى الذى يحصد قبل أن يكمل نمو نوراته — الأمر الذى يترتب عليه سرعة شيخوخته وتحلل محتواه من الكلوروفيل — وجد أن حصاده فى السادسة مساءً أبطأ معدل تحلل المحتوى الكلوروفيلى بالأقراص اثناء تخزينها، مقارنة بسرعة التحلل فى تلك التى تم حصادها فى الثامنة صباحًا، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض

في التعبير لمعظم الجينات المتعلقة بتحلل الكلوروفيل في الكلوروفيل أثناء شيخوخة النورات عما كان في تلك التي كان حصادها في الثامنة صباحًا (Hasperue وآخرون ٢٠١٣).

٤- مرحلة النضج المناسبة للحصاد:

فبعض الخضروات تتدهور نوعيتها — كثيرًا — لو تأخر حصادها عن الموعد المناسب ولو ليوم واحد، كما في الفاصوليا، والبسلة الخضراء، والذرة السكرية. وتكون هذه المشكلة واضحة بصفة خاصة في الجو الحار. كما تنحط جودة بعض الخضروات الأخرى، كالقنبيط، وتتعرض رؤوس الخس للإزهار، وتتفتح رؤوس الكرنب في حالة تأخير حصادها.

أما الخضر الجذرية، فإنها تزداد كثيرًا في الحجم إذا تركت دون حصاد بعد وصولها إلى المرحلة المناسبة، ويؤدى ذلك إلى زيادة المحصول زيادة كبيرة، لكن مع انخفاض النوعية. وعمومًا .. فإن موعد الحصاد قد يمتد إلى عدة أسابيع حسب حاجة السوق، كما في الجزر والبنجر.

وبعض الخضروات — مثل — خيار التخليل، والفاصوليا الخضراء — تكون نوعيتها أفضل عند حصادها وهي صغيرة، ولكن المحصول يكون منخفضًا. وفي هذه الحالات يتحدد موعد الحصاد بالنوعية المطلوبة والسعر المعروض لها.

ما تجب مراعاته عند إجراء عملية الحصاد

أهم ما تجب مراعاته عند إجراء عملية الحصاد ما يلي:

١- منع الأضرار الميكانيكية:

فيلزم منع حدوث الأضرار الميكانيكية كالخدوش والجروح بمنتجات الخضر عند الحصاد؛ لأن ذلك يقلل من نوعية المنتجات، ويجعلها أكثر عرضة للإصابة بالأمراض، كما يزيد فقد الرطوبة من الأسطح المقطوعة، ويتحقق ذلك باتباع ما يلي:

أ- استخدام عمال متمرنين، واستعمال قفازات أثناء الجمع لمنع جرح الثمار بالأظافر.

ب- تجنب جذب الثمار أو نزعها من النبات بقوة أو إسقاطها بعنف من العبوات.

جـ- استخدام عبوات جيدة خالية من الزوائد والأسطح الخشنة التى يمكن أن تخدش الثمار.

د- نقل الثمار برفق من عبوات الجمع إلى عبوات الحقل.

هـ- تعبئة الثمار السريعة التلف فى عبوات التسويق بعد قطفها مباشرة.

٢- استبعاد الخضر التالفة:

فتستبعد الثمار المصابة بالأمراض أو الحشرات، وكذلك المصابة بالعيوب الفسيولوجية.

٣- ترك جزء من العنق أو الكأس بالثمرة:

يفضل فى بعض الخضروات ترك جزء من العنق بالثمرة؛ لأن ذلك يقيها التلف والجفاف، فضلاً على إعطاء الثمرة شكلاً مقبولاً، لكن العنق قد يُحدث تلفًا فى الثمار المجاورة، كما فى الطماطم.

تقسيم الخضر حسب طرق الحصاد المناسبة لها

تقسم الخضر حسب طرق الحصاد المناسبة لها كما يلى:

أولاً: الخضر الثمرية

١- **يكون جمع الخضر الثمرية** — التى تحصد عند اكتمال نضجها لأجل التسويق الطازج — يدويًا، ولكن قد تستعمل آلات للمساعدة فى عملية الحصاد؛ مثل آلات التقاط ثمار القاوون، والسيور المتحركة ... إلخ.

٢- يكون جمع الخضر الثمرية — التى تحصد قبل اكتمال نضجها لأجل التسويق الطازج — يدويًا كذلك، ولكن تحصد الذرة السكرية، والفاصوليا الخضراء، والبسلة الخضراء آليًا فى حالتى الاستهلاك الطازج والتصنيع.

٣- يحصد خيار التخليل، وطماطم التصنيع آليًا.

ثانيًا: الخضر الورقية والساقية والزهرية

تشتمل هذه المجموعة على عدكبير من الخضروات؛ فهى تضم من الخضر الورقية: الخس، والكرنب، والكرنب الصينى، وكرنب بروكسل، والكرفس، والسبانخ، والسلق،

والكيل، والهندباء، وغيرها، ومن الخضر الساقية: الأسبرجس وكرنب أبـو ركبـة، ومـن الخضر الزهرية: الخرشوف، والقنبيط، والبروكولى.

تُحصد هذا الخضروات — بصفة أساسية — يدويًا — مع استعمال بعض الآلات للمساعدة فى عملية الحصاد، كما طورت آلات لحصاد الخس، والكرنب، وكرنب بروكسل، وغيرهـا، ولكنها لم تستعمل على نطاق تجارى واسع.

ثالثًا: الخضر الجذرية والدرنية والبصلية

تضم هـذه المجموعـة — كـذلك — عـددًا كـبيرًا مـن الخضـروات؛ منهـا التـى تؤكـل جذورها (مثل: البنجر، والجزر، والفجل، واللفت، والبطاطا، والكاسافا)، والتى تؤكـل درناتها (مثـل: البطـاطس، والطرطوفـة، واليـام)، والتـى تؤكـل أبصـالها (مثـل البصـل والثوم)، والتى تؤكل كورماتها (مثل القلقاس).

وتحصد معظم الخضر الجذرية والدرنية — باستثناء البطاطا — آليًا على نطاق واسع، كذلك تحصد الخضر البصلية آليًـا، ولكـن ينتشـر معهـا الحصـاد اليـدوى مـع اسـتعمال الآلات المساعدة فى عملية الحصاد. ويكون حصاد البطاطا والقلقـاس يـدويًا بعـد تفكيـك التربة آليًا.

حصاد الخضر يدويًا

قد يجرى الحصاد يدويًا، وهو الأمر الشائع، وقد يكون آليًا، وهـى الطريقـة الآخـذة فى الشيوع، خاصة بالنسبة للخضروات التى تزرع لأغراض التصنيع.

تتوقف الطريقة المتبعـة فـى الحصـاد اليـدوى علـى المحصـول نفسـه، وعلـى الجـزء النباتى الذى يزرع من أجله المحصول؛ فلكل محصول الطريقة المثلـى الخاصـة بـه، ولا يمكن التعميم.

ويتطلب الحصاد اليـدوى عمالـة كـثيرة تشـكل — عـادة — نسـبة كـبيرة مـن تكلفـة الإنتاج، خاصة فى الخضر التى تحصد على دفعات؛ ولهذا .. يعتمد منتجـو الخضـر —

فى المناطق التى تقل فيها الأيدى العاملة وتزداد تكاليف الحصاد فيها بدرجة كبيرة — على المستهلك فى حصاد ما يلزمه بنفسه (طريقة pick your own) فى عبوات يحضرها معه، أو يزوده بها المزارع. تصلح هذه الطريقة للحصاد بصفة خاصة فى بعض الخضروات؛ مثل: الذرة السكرية، والطماطم المرباة على دعائم، والفاصوليا المدادة، والفراولة. ويجب — عند اتباع هذه الطريقة — توقيت زراعة أجزاء من الحقل؛ بحيث ينضج المحصول على مدى فترة زمنية طويلة نسبيًّا، كما يجب أن يكون الحقل قريبًا من مركز تجمع سكانى (Ware & MaCollum ١٩٧٥).

حصاد الخضر آليًّا

الأسس التى يقوم عليها عمل آلات الحصاد

تختلف الأسس التى يقوم عليها عمل آلات الحصاد حسب المحصول المزروع، ومن أنواعها ما يلى:

١- آلات مصممة على أساس حصاد الحقل مرة واحدة Once-over harvest

تستخدم هذه الآلات فى حصاد الخضروات التى تزرع لأجل التعليب أو التخليل؛ فتستعمل فى حصاد البسلة، والفاصوليالخضراء، والطماطم لأجل التعليب، والخيار لأجل التخليل. ويتوقف نوع ماكينة الحصاد على المحصول.

ففى البسلة تقطع العروش من قاعدتها، ثم تفصل القرون عن الأوراق والسيقان. وتسمى الآلة باسم "Viner".

وفى الفاصوليا تمر أصابع ممتدة من الآلة بداخل العروش؛ فتنزع القرون منها لتسقط على سير متحرك.

وفى الطماطم والخيار تقطع سيقان النباتات عند سطح التربة، ثم تنقل النباتات بما تحمله من ثمار إلى جزء آخر من الآلة؛ حيث تفصل الثمار عن العروش بالهزّ، ثم يُتخلص من الثمار غير الناضجة والزائدة فى النضج يدويًّا.

وعند استخدام هذه الآلات فى الحصاد تزداد كثافة الزراعة من ١٠-٢٠ ألف نبات فى الفدان إلى ٨٠-١٠٠ ألف نبات، مع الاهتمام الزائد بمكافحة الحشائش بالمبيدات، والاهتمام الزائد بالتسميد والرى، كما تستعمل أصناف ذات نمو خضرى مندمج عادة.

٢- آلات مصممة على أساس الحصاد على عدة مرات Multiple-over harvest

تستخدم آلات من هذا النوع فى حصاد الخس. وتتركب الآلة من جزء للتحسس Sensor ذى وحدة تحكم Control unit، ووحدة تقطيع Cutting assembly، وعدد من السيور المتحركة recovery belts. يقوم الـ Sensor باختيار الرؤوس الصالحة للتسويق حسب حجم الرأس ومقدار ضغط الهواء الذى يمكن أن تتحمله. فإذا كان حجم الرأس ومقدرته على تحمل ضغط الهواء ضمن المدى المناسب، فإن جهاز التحسس يقوم بإرسال إشارة إلى جهاز التحكم الذى ينشط جهاز التقطيع والسيور الناقلة؛ فيقوم جهاز التقطيع بقطع الراس من قاعدتها، ثم تنقلها السيور. وقد صمم جهاز للتحسس يستخدم أشعة جاما، ويرسل بالإشارة عندما تقل شدة الأشعة عن حد معين.

٣- آلات مصممة لتقليع المحصول من التربة Digger-grader system

صممت هذه الآلات لحصاد المحاصيل التى تزرع لأجل أعضاء التخزين، كالدرنات، والأبصال، والجذور اللحمية؛ مثل: الجزر، والبنجر، والبطاطا. ولإجراء الحصاد يتم التخلص من النموات الخضرية أولاً، إما بالكيماويات كما فى البطاطس، وإما بالقطع كما فى باقى الخضروات. وتشتمل هذه الآلات على سلاح للحفر على شكل حرف V يقوم بتقطيع الجذور من التربة، ثم تنقل على سيور متحركة؛ حيث تفرز يدويًا (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

تأثير الحصاد الآلى على نوعية الخضروات المنتجة لأغراض التصنيع

لا تخلو عمليات الحصاد الآلى من تأثيرات سلبية على نوعية الخضر المنتجة؛ ولذا لا يشيع كثيرًا حصاد حقول الخضر المخصصة للاستهلاك الطازج آليًا؛ لأن المستهلك يتخير

أفضلها عند الشراء. أما الخضروات التى تزرع لأجل التصنيع فإنها تُحصد آليًا على نطاق واسع؛ لأن ما تحدثه فيها عملية الحصاد الآلى من أضرار ميكانيكية تختفى عند مرورها بعمليات التصنيع. ولكن قد يبقى — بالرغم من ذلك — تأثيرات سلبية لتلك الأضرار على نوعية المنتجات المصنعة، وهو ما نتناوله بالشرح فى هذا الجزء بالنسبة لمحاصيل الخضر التالية:

١- الطماطم

تتباين الأضرار التى تُحدثها عملية الحصاد الآلى لثمار الطماطم ما بين خدوش سطحية بجلد الثمرة إلى قطع بالجلد لا ينفذ إلى داخل الثمرة، إلى تفلقات تمتد إلى مساكن البذور. وتؤدى تلك التفلقات إلى فقد كمية كبيرة من العصير قد تصل إلى ٦٠٪ من وزن الثمار. كما أن هذه الثمار لا تصلح لإنتاج الطماطم المعلبة المقشرة peeled tomatoes؛ وهى التى يجب ألا تزيد فيها الأضرار الميكانيكية على مجرد الخدوش السطحية. ويزداد معدل حدوث تلك الأضرار مع زيادة سعة المقطورة التى تُجمع وتنقل فيها الثمار (تستعمل مقطورات تصل حمولتها إلى ١٢ طنًّا)، ومع التأخير فى الحصاد عن مرحلة اكتمال نضج غالبية الثمار، وعند الحصاد بعد الظهر مقارنة بالحصاد ليلاً أو فى الصباح الباكر.

٢- الخيار

تؤدى عملية الحصاد الآلى إلى قطع نسبة كبيرة نسبيًا (قد تصل إلى ١٢٪) من الثمار، أو إلى إحداث خدوش بها. وبعكس الطماطم .. فإن نسبة الخدوش تزداد فى ثمار الخيار عند حصاده — آليًا — فى الصباح، مقارنة بحصاده بعد الظهيرة. كذلك تزداد الخدوش فى الثمار الصغيرة الحجم.

٣- الذرة السكرية

إن مجرد حصاد الذرة السكرية آليًا يحافظ على نوعية المنتج؛ وذلك بسبب قِصَر الفترة التى تستغرقها عملية الحصاد الآلى مقارنة بالحصاد اليدوى، وعدم الحاجة إلى بقاء المنتج فى الحقل لفترة طويلة بعد الحصاد.

تزداد الأضرار التى تحدث للحبوب التى توجد بقاعدة الكيزان عند ترك ٣-٤ سم فقط من أعناقها، بالرغم من أن ذلك يعنى التخلص من عدد كبير من الأوراق المغلفة للكوز فى الحقل. وتؤدى زيادة طول العنق إلى ٦,٥ سم فأكثر إلى تجنب حدوث أية أضرار بالحبوب القاعدية.

يُفضل الحصاد ليلاً للمحافظة على نوعية المنتج التى تتدهور إن لم يُبرّد المحصول إلى الصفر المئوى سريعًا بعد الحصاد.

٤- الفاصوليا الخضراء

يؤدى انتزاع القرون من النموات الخضرية — عند حصادها آليًّا — إلى قطع بعضها وإحداث خدوش سطحية فى نسبة كبيرة منها. وتزداد نسبة هذه الأضرار كلما ازدادت سرعة آلة الحصاد، كما تتوقف النسبة على الصنف ومقدار القوة التى تلزم لفصل قرونه عن النبات، وكذلك على كثافة الشعيرات التى تنتشر على سطح القرون؛ وهى التى تُضارّ بشدة عند إجراء الحصاد الآلى؛ الأمر الذى يترتب عليه زيادة معدلات فقد الرطوبة من القرون وسرعة ذبولها وانكماشها.

٥- البسلة الخضراء

قُدرت نسبة الأضرار التى تُحدثها عملية الحصاد الآلى فى بذور البسلة الخضراء بنحو ٢٥٪ من المحصول، ويتوقف ذلك على سرعة آلة الحصاد. وتزداد المشاكل التى تترتب على الأضرار الميكانيكية كلما تأخر وصول المنتج إلى مصانع الحفظ (عن Studer ١٩٨٣).

٦- الأسبرجس

يؤدى الحصاد الآلى إلى حصاد مهاميز أقصر مما ينبغى، وإحداث إضرار بالمهاميز المتبقية تحت سطح التربة، وإلى اختلاط التربة بالمنتج.

٧- الكرنب وكرنب بروكسل

يُحدث الحصاد الآلى أضرارًا بالأوراق، ولكنها لا تؤثر على نوعية المنتج المعدّ للتصنيع.

٨- القنبيط

يضر الحصاد الآلى بالنباتات المتبقية فى الحقل (يكون الحصاد على دفعات)؛ لأنه يؤدى إلى كسر بعض الأوراق؛ الأمر الذى يؤدى إلى بطء نمو النباتات المتبقية، وصغر حجمها، واكتسابها لوناً أصفر بسبب تعرضها لأشعة الشمس.

٩- الكرفس

يُحصد الكرفس آلياً إما لأجل تسويق "قلوب" النباتات معبأة، وإما لأجل سدّ حاجة مصانع الشوربات، وفى كلتا الحالتين لا يتسبب تقطيع الأوراق الخارجية — عند إجراء عملية الحصاد — فى أية مشاكل تصنيعية أو تسويقية. وكلما ارتفع موضع قطع النباتات فوق سطح التربة أمكن التخلص من أكبر قدر ممكن من الأوراق غير المرغوب فيها فى الحقل ذاته، ولكن ذلك يكون مصاحبًا — أيضًا — بزيادة فى نسبة الفقد فى الأوراق المرغوب فيها.

١٠- السبانخ، والهندباء، والكيل

من الأهمية بمكان التحكم فى موضع قطع النباتات فوق سطح التربة؛ بحيث يكون مرتفعًا إلى الحد الذى يؤدى إلى التخلص من الأوراق السفلية الصفراء والملوثة بالتربة فى الحقل، ولكن لا يكون مرتفعًا إلى الدرجة التى تؤدى إلى فقد نسبة كبيرة من المحصول. يفضل الحصاد فى الصباح عنه بعد الظهيرة.

١١- خس الرؤوس ذات الأوراق المتغضنة Crisphead

يعد نضج الرؤوس (صلابتها) أهم مقياس للحكم على صلاحيتها للحصاد، ويتم ذلك باستعمال آلات تعتمد على مجسات تقدر كثافة الرؤوس بأشعة جاما أو بأشعة إكس.

١٢- الجزر، وبنجر المائدة، واللفت، والفجل

يتم حصادها آليًا بعد قطع نمواتها الخضرية. وبالرغم من حدوث بعض الأضرار كالخدوش والقطوع، إلا أن ذلك يعد أمرًا مقبولاً.

١٣- البطاطا

يُحدث الحصاد الآلى نسبة عالية من التسلخات والخدوش بالجذور، ولكن المعالجة الجيدة بعد الحصاد يمكن أن تقلل من تلك الأضرار.

١٤- البصل والثوم

يتم تفكيك التربة تحت الأبصال آليًا، ثم يستكمل الحصاد بعد ذلك آليًا أو يدويًا. وتكون بعض الأصناف أكثر من غيرها حساسية للإصابة بالأضرار الميكانيكية، التى تزداد كذلك عند زيادة سمك رقبة البصلة ولا يكون من السهل تقليم النموات الجذرية والقمية بصورة مقبولة عند إجراء الحصاد آليًا كما فى حالة الحصاد اليدوى.

١٥- البطاطس

يؤدى التخلص من النموات الخضرية بصورة مناسبة قبل الحصاد إلى تقليل الخدوش والتسلخات التى تتعرض لها الدرنات. وتحدث أقل الأضرار عندما يكون قتل النموات الخضرية سريعًا، وعند زيادة الفترة بين قتل النموات الخضرية والحصاد. ولكن قتل النموات الخضرية مبكرًا يؤدى إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرنات، وازدياد ظاهرة تلون أنسجة الخشب، ويزداد النقص فى الكثافة النوعية فى حالات القتل السريع للنموات الخضرية.

ومن الطبيعى أن تحدث أضرار ميكانيكية (قطوع، وتشققات، وجروح، وتسلخات) فى نحو ٪١٠ من محصول البطاطس عند الحصاد. ويؤدى الحرص فى عملية الحصاد إلى خفض نسبة تلك الأضرار إلى نحو ٥٪ أو أقل (عن Kasmire ١٩٨٣).

تقسيم محاصيل الخضر حسب عمليات التداول المناسبة لها

تقسم محاصيل الخضر إلى ثلاث مجموعات حسب عمليات التداول المناسبة لها، كما يلى:

أولاً: الخضر الثمرية

تخضع الخضر الثمرية – بعد الحصاد – لعمليات التداول التالية:

١- النقل إلى بيوت التعبئة أو مصانع الحفظ.

٢- التنظيف.

٣- الفرز.

٤- التشميع (بالنسبة لكل من الطماطم، والفلفل، والخيار).

٥- التدريج.

٦- التعبئة فى عبوات الشحن.

٧- الرصّ على منصات النقالات palletization ونقلها بالرافعة المشعبة forklift.

٨- التبريد الأولى (بالماء البارد، أو فى الغرف الباردة، أو بالهواء البارد المدفوع).

٩- التخزين المؤقت.

١٠- التحميل فى وسائل النقل الثقيلة.

١١- التداول فى أماكن الوصول (مراكز التوزيع، وأسواق الجملة ... إلخ).

١٢- التوصيل إلى أسواق التجزئة.

١٣- التداول فى أسواق التجزئة.

١٤- معاملات خاصة؛ مثل الإنضاج بالإثيلين (إما قبل الشحن، وإما فى مكان الوصول النهائى)، والتخزين فى الجو المعدل.

ثانيًا: الخضر الورقية، والساقية، والزهرية

تخضع تلك المجموعة من الخضروات لعمليات التداول التالية:

بالنسبة للخس والخضر الورقية المماثلة له .. تتباين عمليات التداول كما يلى:

أ- عند التعبئة فى الحقل تجرى عمليات: الانتخاب، والقطع (عند الحصاد)، والتقليم والتشذيب، والتعبئة فى صناديق من الكلرتون، والنقل إلى جهاز التبريد بالتفريغ، والتبريد، والتحميل، ثم النقل إلى أماكن الوصول النهائية.

ب-بالنسبة للخس أو الكرفس الذى لُفَّ فى النايلون الشفاف .. يقوم العاملون على الوحدات المتحركة فى الحقل بإجراء عمليات: التقليم، والتغليف بالنايلون، والتعبئة فى صناديق الكارتون، والنقل إلى جهاز التبريد بالتفريغ ... إلخ.

جـ- عند إجراء عمليات التداول فى بيوت التعبئة يتم: انتخاب الرؤوس وحصادها، ونقلها متجمعة إلى بيت التعبئة؛ حيث تجرى عمليات التقليم، والتعبئة فى صناديق من الكارتون.

٢- بالنسبة لمحاصيل الخضر الأخرى فى هذه المجموعة فإنها تمر بعمليات التداول التالية:

أ- التنظيف والتقليم، مع استعمال الكلور فى ماء التنظيف بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

ب- التدريج أحيانًا.

دـ- التبريد الأولى.

د- تغليف الوحدات المفردة، كما فى القنبيط.

هـ- التعبئة، علمًا بأن العبوات غالبًا ما تشمع لكى تتحمل عمليات التبريد بالماء، ووضع الثلج داخل العبوات.

ثالثًا: الخضر الجذرية، والدرنية، والبصلية

تمر محاصيل الخضر فى هذه المجموعة بعمليات التداول التالية:

١-العلاج أو المعالجة.

٢-التنظيف الجاف، أو الغسيل، وإزالة الرطوبة الزائدة.

٣-المعاملة بالمبيدات الفطرية؛ مثل SOPP، وبوتران Botran للبطاطا.

٤- الفرز.

٥- التدريج.

٦- التعبئة.

٧- التحميل على وسائل النقل الثقيل؛ إما وهى فى العبوات، وإما وهى متجمعة للنقل إلى مصانع الحفظ.

٨- التخزين (مع ضرورة التهوية والتبريد).

٩- التداول فى مكان الوصول النهائى؛ مثل التعبئة فى عبوات المستهلك.

١٠- التداول فى أسواق التجزئة.

١١- معاملات خاصة، مثل:

أ- المعاملة بمانعات التبرعم.

ب- التبخير بالمبيدات الحشرية.

جـ- مكافحة القوارض.

عبوات الخضر

أنواع العبوات

توجد أربعة أنواع رئيسية من العبوات حسب الغرض من استعمالها، وهى عبوات الجمع، وعبوات الحقل، وعبوات النقل أو الشحن، وعبوات المستهلك.

١- عبوات الجمع

هى العبوات التى يجمع فيها المحصول. وتستخدم لذلك فى مصر الأقفاص الجريد، والسلال، والمقاطف، والقفف المصنوعة من ليف النخيل أو المطاط. ويفضل استخدام الجرادل البلاستيكية أو المعدنية. هذا .. ولا تستخدم عبوات الجمع والحقل مع المحاصيل الرهيفة التى لا تتحمل كثرة التداول؛ مثل: الفراولة؛ حيث تعبأ فى عبوات النقل مباشرة.

٢- عبوات الحقل

هى العبوات التى يُفَرَّغُ فيها المحصول من عبوات الجمع لنقلها إلى بيوت التعبئة أو إلى الأسواق. وتستخدم لذلك أقفاص الجريد الكبيرة التى تسمى بـ "العدَّايات"، وتبلغ سعة كل منها ٢٠-٣٠ كيلو جرام. ويفضل استخدام الصناديق البلاستيكية.

٣- عبوات النقل أو الشحن

هى العبوات التى تشحن فيها الثمار إلى مناطق الاستهلاك. وتستخدم لذلك "الزكايب" الجوت سعة ٤٠-٦٠ كيلو جرامًا فى نقل الفاصوليا الخضراء، والبسلة الخضراء، والفول الأخضر، والفلفل، والبامية، وأقفاص الجريد (العدَّايات) سعة ٢٠-٣٠ كيلو جرامًا فى نقل الطماطم. وتستخدم أجولة القطن سعة ٧٥ كيلو جرامًا فى نقل الباذنجان، لكن جميع هذه

العبوات تحدث أضرارًا كبيرة بالمحصول، وتلفيات تصل إلى ٢٠٪-٣٠٪؛ لهذا يفضل أن تحل العبوات البلاستيكية محل هذه العبوات كلها.

٤- عبوات المستهلك

عبوات المستهلك هى التى تباع بها الخضروات للمستهلك مباشرة؛ ومنها: الأكياس البلاستيكية، والشبكية، والورقية، والمصنوعة من القماش، وكذلك أوعية الكارتون أو الورق المقوى المغطى ببلاستيك شفاف.

ومن أهم مميزات استعمال عبوات المستهلك ما يلى:

١- تقليل الحاجة إلى العمالة فى محلات البيع، لقيام المشترى بخدمة نفسه بنفسه.

٢- تقليل الفاقد؛ وذلك بحفظ الخضروات لمدة أطول، وبتقليل الأضرار التى تحدث لها — عادة — مع كثرة التداول أثناء النقل والبيع.

٣- تقليل وقت إعداد الخضر للطهى أو الاستعمال.

٤- زيادة المبيعات.

الشروط التى يجب توافرها فى العبوات

تختلف العبوات المستخدمة فى تعبئة محاصيل الخضر اختلافًا كبيرًا، لكن توجد شروط عامة يجب أن تتوفر فيها، وهى:

١- المتانة؛ حتى تتحمل عمليات التداول.

٢- القدرة على التوصيل الحرارى؛ حتى يمكن تبريد محتوياتها بسرعة.

٣- النفاذية للغازات؛ حتى تسمح بتنفس الخضروات بداخلها.

٤- عدم التأثر بالرطوبة الجوية أو بالبلل.

٥- التقليل من فقد الثمار لرطوبتها.

٦- حجب الضوء فى حالة تعبئة محصول مثل البطاطس؛ حتى لا يَحْدُثَ اخضرار للدرنات.

٧- سهولة تداولها وترتيبها؛ حتى تأخذ أصغر حيز أثناء الشحن.

٨- حسن المظهر الخارجى ومظهر ترتيب المحصول بداخلها.

٩- التوافق مع متطلبات السوق من حيث الوزن والشكل والحجم.

١٠- سهولة فتحها وإغلاقها.

١١- رخص ثمنها؛ حتى لا ترفع من سعر المحصول.

١٢- ألا تحتوى مادة العبوة على مواد ضارة بالإنسان.

١٣- ألا تكون عميقة؛ حتى لا تتسبب فى حدوث أضرار ميكانيكية بالثمار.

الشروط التى تجب مراعاتها عند التعبئة

إن الهدف الأساسى الذى يجب أخذه — فى الحسبان — عند التعبئة هو تداول الخضر بأقل تكلفة ممكنة، مع المحافظة عليها من التلف لأكبر درجة ممكنة. ولتحقيق ذلك يجب عند التعبئة مراعاة الشروط التالية:

١- اختيار العبوة المناسبة للمحصول، ولمدة الشحن، وللأسواق، وللتبريد المبدئى precooling فى حالة إجرائه. فعبوات الحقل والشحن تكون — بطبيعة الحال — أكبر حجمًا من عبوات المستهلك. وعبوات الخضر التى تتحمل التداول — كالبصل، والبطاطس — تكون أكبر حجمًا من عبوات الخضر الرهيفة، كالفراولة، ويزيد حجم عبوات الخضروات ذات الثمار الكبيرة عن حجم عبوات الخضر ذات الثمار الصغيرة. فبينما يبلغ وزن عبوة الفراولة ٣ كجم، فإن عبوة البسلة تكون ٣-٦ كجم، والطماطم نحو ١٠ كجم، والبصل نحو ٥٠ كجم. كذلك يزيد حجم عبوات السوق المحلى عن حجم عبوات التصدير، ولكن الاتجاه العالمى هو تصغير العبوات تمشيًا مع توصية منظمة العمل الدولية الخاصة بتحديد الحد الأقصى للوزن الذى يمكن أن يتداوله الفرد. وإذا احتاج الأمر إلى إجراء عملية التبريد المبدئى بعد التعبئة، فيجب أن تكون العبوات مناسبة لذلك؛ من حيث توصيلها الحرارى والتهوية.

٢- الحرص عند التعبئة على وضع كل ثمرة أو منتج فى مكانه الصحيح؛ حتى يبقى فى مكانه دون تحرك لحين وصوله إلى الأسواق؛ لأن كثرة الاهتزازات واحتكاك الثمار — بعضها ببعض، وبجدار العبوة — يحدث خدوشًا بسيطة تتحول

فيها الأنسجة إلى اللون البنى؛ الأمر الذى يخفض من قيمتها التسويقية، ويزيد من سرعة التنفس، ومعدل التدهور، وفرصة الإصابة بالأمراض. ويمكن تحقيق ذلك بلف الثمار كلّ على حدة، أو بعزلها بعضها عن بعض بقصاصات الورق، أو باستخدام الصوانى ذات الفجوات المناسبة أو الخلايا فى التعبئة.

٣- أن تكون العبوات ممتلئة جيدًا، بشرط ألا يؤدى إغلاق الغطاء إلى الضغط على الثمار؛ حتى لا تتخلخل أثناء النقل والتسويق.

٤- عدم زيادة طبقات الثمار عما يمكن أن تتحمله الطبقة السفلى.

٥- الأمانة فى التعبئة؛ بحيث لا توضع منتجات مخالفة للدرجة وسط العبوة؛ لأن ذلك شئ يسئ إلى المسئول عن الإنتاج والتعبئة؛ ويعود عليه بالضرر.

٦- تتوقف طريقة ترتيب الثمار فى العبوات على أساس شكلها، وما إن كانت بأعناق أم بدون أعناق كالتالى:

أ- توضع رؤوس القنبيط متبادلة من حيث اتجاه الأقراص لأعلى أو لأسفل، مع وضع قصاصات ورق بينها.

ب- تعبأ ثمار الشمام متبادلة أفقيًا مع استخدام وسادة تحمى الثمار.

جـ- تتبادل كذلك رؤوس الخرشوف مع الأعناق عند التعبئة.

د- توجه عروش الجزر إلى داخل العبوة.

هـ- ترتب ثمار الباذنجان فى صفوف طولية مع توجيه أعناق الثمار لأعلى.

و- تعبأ ثمار الطماطم إما بطريقة منتظمة تسمح بملء فراغ العبوة جيدًا وثبات الثمار لضمان عدم تحركها بالاهتزاز، وإما فى صوان ذات انخفاضات فى طبقات لا يزيد عددها عن مقدرة الثمار السفلى على تحمل الضغط الواقع عليها. ويتوقف ذلك على صلابة الثمار وطور النضج.

ز- تعبأ ثمار الكوسة فى ثلاث طبقات، مع وضع قصاصات ورق بينها؛ وذلك لضمان ثباتها فى مكانها.

حـ- ويوجد من الخضر ما يعبأ بتفريغ المحصول داخل العبوة حتى تمتلئ، ثم تهز

العبوة حتى تأخذ الثمار أماكن ثابتة داخلها. ويستمر ذلك حتى وصول العبوة إلى وزن معين، كما هى الحال فى تعبئة البصل، والثوم، والبطاطس فى أجولة.

٧- يحسن دائمًا تبطين العبوات لتقليل احتكاك الثمار بجسم العبوة؛ وبالتالى تقليل الأضرار الميكانيكية. ومن أهم المواد المستخدمة فى التبطين: ورق الكرافت، والبارشمنت، والزبدة، والكرتون المضلع الرفيع، والبلايوفيلم، والبوليثيلين، والورق المحشو بالقطن.

٨- يراعى عند إغلاق العبوة أن يملأ الجزء المتبقى منها بقصاصات الورق.

٩- من الضرورى وضع بعض البيانات الخاصة؛ وذلك بطبعها على العبوة مباشرة، أو على بطاقة خاصة تلصق على العبوة، على أن تشتمل هذه البيانات على اسم المحصول، والرتبة، والعلامة التجارية، واسم المصدِّر وعنوانه، أو أحدهما، والوزن الصافى، ومكان الإنتاج، ورقم الرسالة المسلسل.

التبريد الأولى Precooling

طرق التبريد الأولى

تتعدد طرق التبريد الأولى، كما يلى:

١- التبريد الأولى أثناء الشحن، سواء أكان ذلك أثناء الشحن البحرى فى الحاويات المبردة، أو أثناء النقل فى الشاحنات، وتلك طريقة بطيئة.

٢- التبريد الأولى فى غرف التبريد، وتلك طريقة بطيئة كذلك.

٣- التبريد الأولى بالثلج المجروش.

٤- التبريد الأولى بالثلج المخلوط مع الماء المثلج (ice slurry).

٥- التبريد المائى hydrocooling.

٦- التبريد الأولى بطريقة السريان الجبرى للهواء forced air precooling، وتلك من اكفأ الطرق وأوسعها انتشارًا.

٧- التفريغ الأولى بالتفريغ vacuum precooling، وهى طريقة سريعة.

ويعطى جدول (٢١-٢) مقارنة بين طرق التبريد الأوِّلى (عن Thompson ٢٠٠٤).

جدول (٢١-٢): مقارنة بين طرق التبريد الأوّلى.

	الدفع الجبرى		التبريد	الرش		تبريد
المنتَج	للهواء	المائى	بالتفريغ	بالماء	بالثلج	الغرفة
الوقت اللازم للتبريد (ساعة)	١-١٠	٠,١-١,٠	٠,٣-٢,٠	٠,٣-٢,٠	٠,٠١-٠,٣	٢٠-١٠٠
الفقد الرطوبى من المنتج (٪)	٠,١-٢,٠	صفر-٠,٥	٢,٠-٤,٠	غير معلوم	غير معلوم	٠,١-٢,٠
ملامسة الماء للمنتج	لا	نعم	لا	نعم	نعم ما لم يكن مكيسًا	لا
احتمالات التلوث الميكروبى	منخفضة	عالية	معدومة	عالية	منخفضة	منخفضة
التكلفة الإنشائية	منخفضة	منخفضة	متوسطة	متوسطة	عالية	منخفضة
كفاءة استخدام الطاقة	منخفضة	عالية	عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة
الحاجة إلى عبوات مقاومة للماء	لا	نعم	لا	نعم	نعم	لا
القابلية للنقل من مكان لآخر	أحيانًا	نادرة الحدوث	شائعة	شائعة	شائعة	لا
إمكانية التبريد فى خط التعبئة والتداول	نادرة	نعم	لا	لا	نادرة الحدوث	لا

تقسيم الخضروات حسب طرق التبريد الأوّلى التى تناسبها

تُقسم الخضروات — حسب طرق التبريد الأوّلى المناسبة لها — كما يلى:

أولاً: الخضر الورقية والساقية الغضة والزهرية

تضم هذه المجموعة ما يلى:

١- الخضر الورقية: الخس، والكرنب، والكرنب الصينى، وكرنب بروكسل، والكرفس، والروبارب، والسبانخ، والسلق، والكيل، والهندباء، والبقدونس، والبصل الأخضر.

٢- الخضر الساقية الغضة: الأسبرجس، وكرنب أبو ركبة، والفينوكيا.

٣- الخضر الزهرية: الخرشوف، والبروكولى، والقنبيط.

وتتبع مع هذه الخضروات طرق التبريد الأوّلى التالية:

١- التبريد بالتفريغ: يناسب خس الرؤوس ذا الأوراق الغضة السهلة التقصف Crisphead، والخس الورقى، والسبانخ، والقنبيط، والكرنب الصينى، والكرنب وغيرها من الخضر الورقية.

٢- التبريد بالتفريغ مع البل بالماء: يناسب الكرفس وغيره من الخضر الورقية.

٣- التبريد المائى: يناسب الخس الورقى، والكرفس، والسبانخ، والبقدونس، والبصل الأخضر وكرنب بروكسل.

٤- التبريد بالثلج داخل العبوات: يناسب البروكولى، والسبانخ، والبقدونس، والبصل الأخضر وكرنب بروكسل.

٥- التبريد فى غرف التبريد: يناسب الخرشوف والكرنب.

٦- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء: يناسب القنبيط بصفة أساسية، كما يستعمل إلى درجة محدودة، مع الخضر الساقية وبعض الخضر الورقية.

ثانياً: الخضر الدرنية والبصلية

تضم هذه المجموعة ما يلى:

١- الخضر الجذرية: البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت، والبطاطا، والكاسافا.

٢-الدرنات: البطاطس، والطرطوفة، واليام.

٣- الكورمات: القلقاس.

٤-الأبصال: البصل والثوم.

وتتبع هذه الخضروات طرق التبريد الأوّلى التالية

١- التبريد المائى: يناسب البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت، ويستعمل — كذلك — مع البطاطس فى الجو الشديد الحرارة.

٢- التبريد فى غرف التبريد: يناسب البطاطس، والبصل، والثوم، والبطاطا، والكاسافا، والطرطوفة، واليام، والقلقاس.

٣- التبريد فى عربات الشحن المبردة: يناسب البطاطس التى تشحن فى الجو الحار.

٤- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء: يناسب البطاطس والبصل.

ثالثًا: الخضر الثمرية

تضم هذه المجموعة ما يلى:

١- الخضر ذات الثمار غير المكتملة التكوين: البقوليات (فاصوليا الليما، والفاصوليا العادية الخضراء، والبسلة الخضراء، واللوبيا الخضراء)، والخيار، والكوسة، والباذنجان، والفلفل، والبامية، والذرة السكرية.

٢- الخضر ذات الثمار المكتملة التكوين: القاوون، والبطيخ، والقرع العسلى، وقرع الشتاء، والطماطم، والفراولة.

وتتبع مع هذه الخضروات طرق التبريد الأولى التالية:

١- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء: يناسب القاوون، والبسلة، والفلفل، والكوسة، والطماطم.

٢- التبريد بطريقة السريان الجبرى للهواء مع بل المُنتج Forced-air Evaporative Cooling: يستعمل بدرجة محدودة مع الكوسة، والفلفل، والباذنجان، والطماطم الكريزية.

٣- التبريد المائى:

يستعمل قبل التدريج والتعبئة فى تبريد القاوون، والذرة السكرية. ويجرى الفرز قبل فترة التبريد الأولى وبعدها، والتى نادرًا ما تكفى لتبريد المنتج إلى درجة الحرارة المطلوبة.

٤- التبريد بالثلج: يستعمل بدرجة محدودة مع القاوون، كتبريد إضافى للذرة السكرية المعبأة (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

التغيرات الفسيولوجية التالية للحصاد

تدخل ضمن دراسة فسيولوجيا ما بعد الحصاد Post-Harvest Physiology كافة التغيرات الفسيولوجية التى تطرأ على الخضروات بعد حصادها، والمعاملات التى تجرى

لها بغرض إبطاء هذه التغيرات، والمحافظة على جودة الخضروات لحين وصولها إلى المستهلك، بما فى ذلك طرق التخزين المختلفة التى تعمل على إطالة فترة احتفاظ الخضر بجودتها، والمعاملات التى تجرى بغرض إسراع نضجها. ونتناول بالدراسة فى هذا الفصل التغيرات التى تطرأ على محاصيل الخضر بعد الحصاد.

إن جميع التغيرات التى تطرأ على محاصيل الخضر بعد الحصاد يمكن ملاحظتها والإحساس بها؛ فهى تغيرات موروفولوجية، ولكن هذه التغيرات المشاهدة لها أساسها الفسيولوجى؛ فلا تحدث إلا نتيجة لنشاط فسيولوجى داخل الثمار. ويمكن — بصورة عامة — تقسيم هذه التغيرات إلى تغيرات مرغوبة وأخرى غير مرغوبة.

التغيرات المرغوبة التالية للحصاد

من أهم التغيرات المرغوبة التى تحدث فى محاصيل الخضر بعد الحصاد ما يلى:

١- كل التغيرات التى تؤدى إلى تحسين الصفات التى تجعل الثمار صالحة للأكل، سواء من حيث اللون، أم النكهة، أم القوام. وهى تغيرات تصاحب استكمال النضج فى الثمار التى تحصد قبل تمام نضجها؛ كما فى الطماطم، والقاوون الشبكى، والقاوون الأملس.

فالطماطم تحصد — عادة — بين طور النضج الأخضر وطور النضج الوردى حسب درجة الحرارة السائدة، والمدة التى تمر من الحصاد إلى التسويق، وتستكمل الثمار تلونها قبل وصولها إلى المستهلك.

والقاوون الشبكى يكتسب أفضل طعم ونكهة بعد ٢-٣ أيام من التخزين.

أما القاوون الأملس، فتلزمه المعاملة بالإثيلين لاستكمال النضج بعد الحصاد.

٢- يعتبر تبييض الكرفس من التغيرات المرغوبة التى تحتاج هى الأخرى إلى المعاملة بالإثيلين.

٣- ومن التغيرات المطلوبة أيضًا تحول النشا إلى سكر أثناء فترة العلاج فى جذور

البطاطا، وفى ثمار القرع العسلى، ومع إطالة فترة التخزين، وفى الجزر فى الأيام الأولى من التخزين.

التغيرات غير المرغوبة التالية للحصاد

تشمل التغيرات غير المرغوبة كل ما يؤدى إلى تدهور المحصول وتلفه. وهى فى غالب الأمر امتداد للتغيرات المرغوبة التى سبق بيانها؛ حيث تتخطى الثمار مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك وتصبح زائدة النضج، كما أن من التغيرات غير المرغوبة مالا علاقة له بمسألة النضج كما سيأتى بيانه. ومن هذه التغيرات ما يلى:

التغيرات فى اللون

قد تحدث تغيرات غير مرغوبة فى اللون. ومن أمثلتها ما يلى:

١- **فقد الكلوروفيل** — أى فقدان اللون الأخضر — فى الخضر التى تؤكل خضراء؛ كالخضر الورقية، والخيار، والفاصوليا، والبسلة الخضراء وغيرها.

٢- تكوّن لون بنى غير مرغوب فيه نتيجة لأكسدة المواد الفينولية، كما فى البطاطس.

٣- اخضرار درنات البطاطس عند تعرضها للضوء.

التغيرات فى الكربوهيدرات

من أمثلة التغيرات غير المرغوبة فى المواد الكربوهيدراتية ما يلى:

١- تحول النشا إلى سكر فى البطاطس المخزنة على حرارة أقل من ٥°م، حيث تتراكم السكريات تحت هذه الظروف. ويؤدى ذلك إلى اكتساب البطاطس لونًا بنيًّا داكنًا، بدلاً من اللون الأصفر الذهبى المرغوب فيه عند القلى فى الزيت بسبب احتراق السكريات. ويرجع ذلك التغير فى اللون إلى السكريات المختزلة فقط، وتختلف الأصناف فى مدى قابليتها لتراكم السكريات المختزلة عند التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة.

٢- **تحول السكر إلى نشا فى بعض الخضروات** — كالبسلة، والذرة السكرية — عند تخزينها فى درجة حرارة مرتفعة؛ فتفقد الذرة السكرية ٦٠٪ من محتواها من السكر

خلال يوم واحد من التخزين فى حرارة ٣٠°م، بالمقارنة بـ ٦٪ فقط عند التخزين فى الصفر المئوى. ويصاحب فقدان السكر انخفاض كبير فى صفات الجودة.

فقدان الصلابة

تفقد الثمار صلابتها نتيجة لتحلل البكتينات والمواد الأخرى العديدة التسكر، وتصبح طرية وأكثر حساسية للأضرار الميكانيكية. وقد تزدادالصلابة نتيجة لنمو الألياف.

التغيرات فى الطعم

تحدث التغيرات غير المرغوبة فى الخضر المخزنة؛ نتيجة لما يحدث بها من تغيرات فى الأحماض العضوية، والبروتينات، والأحماض الأمينية، والدهون.

فقدان الفيتامينات

تفقد الخضروات المخزنة جزءًا من محتواها من الفيتامينات، ويكون ذلك واضحًا بوجه خاص فى فيتامين جـ. ويمكن تقليل هذا الفقدبسرعة تبريد المحصول بعد الحصاد، وتخزينه فى درجات حرارة منخفضة، كما يفيد التخزين فى الجو المعدل الذى تقل فيه نسبه الأكسجين فى تقليل أكسدة الفيتامينات.

وقد وجد لدى مقارنة بعض خصائص الجودة فى ثمارالطماطم التى تكمل نضجها على النبات بتلك التى تكمله فى المخزن بعد الحصاد على ١٥ أو ٣٠°م أن اللون كان أفضل فى حالتى النضج على النبات وفى المخزن على ١٥°م، مقارنة باللون فى المخزن على ٣٠°م. وقدأثرت حرارة التخزين العالية إيجابًياعلى محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك، وسلبيًا على محتواهمان الليكوبين، بينما لم يتأثر محتوى الثمار من الفينولات الكلية بظروف النضج (Pék وآخرون ٢٠١٠).

النموات النباتية

يحدث أثناء التخزين أن تتكون نموات نباتية بالثمار؛ كما فى الحالات التالية:

١- تزريع البطاطس، والبصل، والثوم، والخضر الجذرية، كالجزر واللفت؛ ويقلل ذلكمن صلاحيتها للتسويق.

٢- نمو الجذور فى الجزر؛ ويقلل ذلك أيضًا من قيمتها التسويقية.

٣- إنبات البذور داخل الثمار؛ وهو الأمر الذى قد يحدث أحيانًا فى ثمار بعض سلالات الطماطم والفلفل.

٤- استطالة مهاميز الأسبرجس والتواؤها لأعلى إذا كانت بوضع أفقى أثناء التخزين وتصاحب ذلك زيادة فى صلابتها.

٥- ظهور نموات زغبية بأقراص القنبيط (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

الفقد فى الوزن

تفقد الخضروات المخزنة جُزءمن رطوبتها عن طريق النتح. ويؤدى ذلك إلى ذبولها وتغير مواصفاتها، كما تقل الكمية الفعلية المسوقة من المحصول. وتزداد سرعة النتح مع ارتفاع درجة حرارة التخزين ونقص الرطوبة النسبية. ويكون النتح بمعدلات مرتفعة فى بداية فترة التخزين، ثم ينخفض تدريجيًّا بعد ذلك.

ومن البديهى أن يكون النتح فى كثير من الخضر الورقية بمعدلات أعلى منها فى الخضروات الأخرى، كما يكون معدله أقل ما يمكن فى الخضروات الدرنية. كذلك يقل النتح مع زيادة الطبقة الشمعية على المنتج، وعند خزن الخضر الجذرية بدون أوراقها.

ويؤدى نقص الرطوبة بنسبة ٣٪-٦٪ فى الخضر المخزنة إلى تدهور كبير فى نوعيتها. ويمكن لبعض الخضروات — كالكرنب — أن تتحمل فقدًا رطوبيًّا تصل نسبته إلى ١٠٪ من وزن الرؤوس، لكنها تحتاج — حينئذٍ — إلى بعض التقليم والتهذيب قبل عرضها فى الأسواق، ويوضح جدول (٢١-٣) معدل الفقد اليومى فى وزن الخضر المختلفة عندما تكون ظروف التخزين غير مناسبة (حرارة ٢٧°م، ورطوبة نسبية ٦٠٪).

كما يبين جدول (٢١-٤) الحد الأقصى للفقد الرطوبى فى محاصيل الخضر، والتى يصبح بعدها المنتج غير صالح للتسويق.

جدول (٢١-٣): معدل الفقد اليومى فى وزن الخضر المختلفة عندما تكون ظروف التخزين غير مناسبة (حرارة ٢٧ م، ورطوبة نسبية ٦٠٪) (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

الخضر	معدل الفقد اليومى (٪)
الأسبرجس	٨,٤
الفاصوليا الخضراء	٤,٠
الجزر (بدون أوراق)	٣,٦
البنجر (بدون أوراق)	٣,١
الخيار	٢,٥
قرع الكوسة	٢,٢
الطماطم	٠,٩
القرع العسلى	٠,٣

جدول (٢١-٤): الحد الأقصى الممكن للفقد الرطوبى من محاصيل الخضر، والتى يصبح بعدها المنتج غير صالح للتسويق (Ben-Yehoshua & Radov ٢٠٠٣).

المحصول	الحد الأقصى الممكن للفقد الرطوبى (٪)
الأسبرجس	٨
الفول الرومى	٦
فاصوليا ملتى فلورا (المدادة)	٥
البنجر (جذور)	٧
البنجر (بالأوراق)	٥
كرنب بروكسل	٨
الكرنب	٧
الجزر (جذور)	٨
الجزر (بالأوراق)	٤
القنبيط	٧
الكرفس	١٠
الخيار	٥
الكرات أبو شوشة	٧

تابع جدول (٢١-٤).

المحصول	الحد الأقصى الممكن للفقد الرطوبى (٪)
الخس	٣
البصل (الأبصال)	١٠
الجزر الأبيض	٧
البطاطس	٧
البسلة	٥
الفلفل الأخضر	٧
السبانخ	٣
البروكولى	٤
الفراولة	٦
الذرة السكرية	٧
الطماطم	٧

ومن الممكن خفض الفقد الرطوبى بتعبئة الخضروات فى عبوات بلاستيكية، إلا أنها تُحدُّ من تبادل الغازات، كما تبطئ التوصيل الحرارى. وقد تفقد الخضروات المعبأة جزءًا كبيرًا من رطوبتها إلى العبوات الخشبية؛ ولهذا ينصح أحيانًا ببل الصناديق الخشبية قبل تعبئتها.

وتعتبر الرطوبة النسبية فى المخازن أهم العوامل المتحكمة فى الفقد الرطوبى؛ لأن الرطوبة النسبية فى المسافات البينية لأنسجة معظم الخضروات تبلغ ٩٩٪ على الأقل؛ ويعنى ذلك استمرار فقدها للرطوبة، ما دامت الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بها تقل عن ذلك. ويطلق على الفرق فى ضغط بخار الماء بين الجو الداخلى لأنسجة المنتجات المخزنة والجو الخارجى اسم "Vapor-pressure deficit".

ويحدث معظم الفقد فى الرطوبة أثناء مراحل التبريد الأولى؛ حيث يكون الفرق فى ضغط بخار الماء كبيرًا، ويقل — تدريجيًّا — مع انخفاض درجة الحرارة. ويعطى جدول (٢١-٥) أمثلة تبين أهمية كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية فى التأثير على الفرق فى ضغط بخار الماء؛ وبالتالى على الفقد الرطوبى من الخضر المخزنة.

جدول (٢١-٥): أهمية درجة الحرارة والرطوبة النسبية فى التأثير على الفرق فى ضغط بخار الماء؛ وبالتالى على الفقد الرطوبى فى الخضر المخزنة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

المحصول	الرطوبة النسبية (٪)	ضغط بخار الماء (مم زئبق)
١- درجة حرارة الخضر ٢١ °م	١٠٠	١٨,٧٦
درجة حرارة الهواء صفر ° م	١٠٠	٤,٥٨
الفرق فى ضغط بخار الماء		١٤,٨
٢- درجة حرارة الخضر صفر °م	١٠٠	٤,٥٨
درجة حرارة الهواء صفر ° م	٥٠	٢,٢٩
الفرق فى ضغط بخار الماء		٢,٢٩
٣- درجة حرارة الخضر ٢,٢ °م	١٠٠	٥,٣٧
درجة حرارة الهواء ٢,٢ °م	٩٠	٤,٨٣
الفرق فى ضغط بخار الماء		٠,٥٤
٤- درجة حرارة الخضر صفر ° م	١٠٠	٤,٥٨
درجة حرارة الهواء صفر °م	٩٠	٤,١٢
الفرق فى ضغط بخار الماء		٠,٤٦

التلوث الميكروبى

يحدث التلوث الميكروبى – الممرض للإنسان – للخضر من خلال ثلاثة مصادر رئيسية، هى: التربة، والبراز (الغائط)، والعمال القائمين بعمليات التداول. ومن بين أكثر الميكروبات الممرضة التى تحمل فى التربة، والتى غالبًا ما تتلوث بها الخضر التى تلامس التربة، كلاً من: *Bacillus cereus*، و *Clostridium botulinum*، و *Listeria monocytogenes*. كذلك فإن استخدام مخلفات الإنسان والحيوان — غير المعاملة — فى التسميد أو الرى يكون مصدرًا لكل من: *C. jejuni*، والـ enterotoxigenic *Escherichia*

coli، و *L. monocytogenes*، و *Shigella*، وفيرس الالتهاب الكبدى الوبائى A. ويمكن للقائمين بالعمل فى تداول المحصول أن يكونوا حاملين للميكروبات البرازية التى يلوثون بها الخضر التى يُلامسونها أثناء القطف والتعبئة، ومن بين الميكروبات التى يمكن أن يلوثوا بها الخضر كلا من: *C. jejuni*، والـ enterotoxigenic *E. coli*، و *Salmonella*، و *Shigella*، و *S. aureus*، والالتهاب الكبدى الوبائى A (Doyle ١٩٩٠).

ولقد أمكن عزل الطراز السيرولوجى Newport من البكتيريا *Salmonella enterica* من ثمار وجذور وسيقان وأوراق الطماطم بعد أن تلوثت بها جرّاء ريها بمياه ملوثة بالبكتيريا؛ حيث اكتشف تواجد البكتيريا فى ٢٥ عينة من أصل ٩٢ عينة تم فحصها، وشملت ٦٥٪ من العينات الإيجابية جذورًا، و ٤٠٪ سيقانًا، و ١٠٪ أوراقًا، و ٦٪ ثمارًا (Hintz وآخرون ٢٠١٠).

ولهذه الأسباب فإن الحد من التلوث الميكروبى يتطلب مراعاة ما يلى:

١- يُعد منع التلوث — ابتداءً — خير من أى إجراءات تصحيحية قد تتخذ إذا ما حدث تلوث.

٢- تطبيق كافة المتعاملين مع المنتجات الطازجة (المُنتج والعاملين بمحطات التعبئة والشحن) لقواعد الممارسات الزراعية الجيدة GAP فى كل مراحل إنتاج وتداول المحصول.

٣- إن أهم مصادر التلوث الميكروبى، هى: الماء والعمال والمخلفات الحيوانية.

٤- معاملة الماء المستخدم فى تداول المحصول بمحطات التعبئة بالكلورين وعدم استخدام أى مياه ملوثة.

٥- مراقبة الأسمدة الحيوانية المستخدمة فى إنتاج المحصول جيدًا والتأكد من تحللها قبل استخدامها فى التسميد.

٦- مراعاة العمال القائمين بتداول المحصول لقواعد النظافة العامة (Harris ١٩٩٩).

أضرار تنشأ عن عيوب فى المخازن

تصاب محاصيل الخضر بأضرار معينة نتيجة لوجود عيوب خاصة فى المخازن، ومن هذه الأضرار ما يلى:

أضرار نقص الأكسجين

يحدث النقص فى الأكسجين من جرّاء تنفس الخضروات المخزنة مع عدم توفر تهوية جيدة فى المخازن، ويكون ذلك مصحوبًا بزيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون وتختلف الخضروات فى مدى حساسيتها لذلك.

ومن الأضرار التى يحدثها نقص الأكسجين ما يلى:

١- ظهور حالة القلب الأسود فى درنات البطاطس.

٢- تبقع قرون الفاصوليا الخضراء ببقع بنية اللون.

أضرار التجمد

تحدث أضرار التجمد Freezing Injury من جرّاء تكون البلورات الثلجية فى الخلايا بأنسجة الخضروات؛ حيث يبدو النسيج المتجمد بعد إخراجه من المخزن وتعرضه لدرجة الحرارة العادية كما لو كان منقوعًا فى الماء Water-soaked. وتتعرض الخضروات لتلك الأضرار فى المخازن؛ إما نتيجة للإهمال فى اختيار درجة الحرارة المناسبة للتخزين، وإما لعدم كفاءة منظم الحرارة فى أجهزة التبريد.

وتختلف الخضروات كثيرًا من حيث درجة الحرارة التى تتجمد عليها، وكذلك مدى تعرضها للضرر من جرّاء التجمد.

وتقسم الخضروات فى هذا الشأن إلى ثلاث مجاميع كالتالى:

١- خضروات شديدة الحساسية؛ حيث تحدث بها أضرار شديدة عند تعرضها للتجمد ولو لفترة قصيرة. وتشمل هذه المجموعة: الأسبرجس، والفاصوليا الخضراء، والخيار، والباذنجان، والخس، والبامية، والفلفل، والبطاطس، وقرع الكوسة، والبطاطا، والطماطم.

٢- خضروات متوسطة فى درجة تحملها للتجمد؛ فيمكنها تحمل التجمد الخفيف مرة أو مرتين. وتشمل هذه المجموعة: البروكولى، والكرنب، والجزر بدون عروش، والقنبيط، والكرفس، والبصل، والبقدونس، والبسلة، والفجل بدون عروش، والسبانخ، والقرع العسلى.

٣- خضروات أكثر تحملاً للتجمد؛ حيث يمكنها تحمل التجمد عدة مرات مع انخفاض درجة الحرارة إلى ٦°م تحت الصفر. وتشمل هذه المجموعة: البنجر، وكرنب بروكسل، والكيل، وكرنب أبو ركبة، والجزر الأبيض، والروتاباجا، والسلسفيل، واللفت.

هذا .. ولا توجد علاقة بين درجة الحرارة التى تتجمد عندها الخضروات وبين درجة تحملها لأضرار التجمد. فمثلاً .. تتجمد البطاطس عند حرارة -٢,٧°م، بينما يتجمد الكرنب عند حرارة -٠,٥°م. وبالرغم من ذلك .. يتحمل الكرنب التجمد عدة مرات دون ضرر يذكر، بينما لا تتحمل البطاطس التجمد ولو لفترة قصيرة. ومن الطبيعى أن تنخفض المقدرة على التخزين عند تعرض الخضروات المخزنة للتجمد.

هذا .. ويمكن لمعظم الخضروات — إذا تركت بدون تحريك أو اهتزاز — أن تتحمل حرارة تقل بمقدار عدة درجات عن درجة حرارة التجمد دون أن تتجمد. ويطلق على هذه الظاهرة اسم "تحت التبريد under cooling"، وأحيانًا "التبريد الفائق super cooling". وقد تستمر الخضروات على هذه الحالة لعدة ساعات دون أن تتجمد، لكنها تتجمد فى الحال إذا ما حُركت العبوات أو اهتزت. ولهذا السبب يحسن عدم تحريك الخضروات المخزنة إلا بعد رفع درجة حرارة المخازن؛ تجنبًا لاحتمال كونها فى حالة تبريد فائق. وتعد البطاطس من أبرز الأمثلة على ذلك؛ فهى من أكثر الخضروات حساسية للتجمد، ولكنها تبقى دون تجمد وهى معرضة لحرارة -٤°م لعدة ساعات، طالما أنها ساكنة.

كذلك فإن أنسجة الخضروات تكون شديدة الحساسية للتجريح والأضرار الميكانيكية وهى متجمدة، وهذا سبب أخر يدعو إلى عدم تداول الخضروات عند إخراجها من المخازن إلا بعد أن تدفأ نسبيًّا.

ومن أهم أعراض أضرار التجمد فى محاصيل الخضر ما يلى (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

المحصول	الأعراض
الخرشوف	انفصال البشرة وتلون الأجزاء التى تنفصل عنها البشرة – والتى تأخذ شكل تقرحات – بلون يميل إلى الأبيض أو الرصاصى الفاتح، ثم لا يلبث أن يصبح اللون بنيًّا بعد تكسر القروح.
الأسبرجس	تصبح قمة المهاميز داكنة اللون، وبقية أنسجتها مائية المظهر. وعند التفكك فإن المهاميز تصبح مهترئة.
البنجر	تصبح الجذور مائية المظهر خارجيًّا وداخليًّا، وتكتسب الأوعية الناقلة أحيانًا لونًا أسود
البروكولى	تكون أصغر البراعم الزهرية فى مركز القرص أكثرها حساسية للتجمد وتكتسب البراعم المتجمدة لونًا بنيًّا، وتعطى رائحة قوية غير مقبولة عند تفككها.
الكرنب	تصبح الأوراق مائية المظهر ونصف شفافة، وتنفصل عنها البشرة بعد تفككها.
الجزر	تظهر بالجذور تقرحات، وشقوق متعرجة، كما تبدو الجذور من الداخل مائية المظهر بعد تفككها.
القنبيط	تكتسب الأقراص لونًا بنيًّا، وتعطى رائحة قوية غير مرغوبة عند طهيها.
الكرفس	تبدو الأوراق وأعناق الأوراق ذابلة ومائية المظهر بعد تفككها. ويكون تجمد الأعناق أسرع من تجمد أنصال الأوراق.
الثوم	تبدو الفصوص مائية المظهر بعد تفككها، وتأخذ لونًا أصفر ضاربًا إلى الرمادى.
الخس	تظهر تقرحات، وتموت خلايا البشرة بعد انفصالها، وتصبح بنية اللون، وتزداد حساسية الرؤوس للأضرار الميكانيكية والتحلل.
البصل	تكون الأبصال المفككة طرية، وتأخذ لونًا أصفر ضاربًا إلى الرمادى، وتبدو مائية المظهر فى المقطع العرضى. ويكون التجمد – عادة – محصورًا فى أعناق الأوراق (الحراشيف المتشحمة المكونة للبصلة) كل منها منفردة.
الفلفل الحلو	يموت نسيج البشرة أو جزء منه، ويبدو مائى المظهر، وتتعرض الثمرة للتنقير والانكماش، كما تتحلل بعد تفككها.
البطاطس	لا تبدو أضرار التجمد واضحة على الدرنة من الخارج، ولكنها قد تظهر على صورة مناطق رمادية أو رمادية ضاربة إلى الزرقة تحت جلد الدرنة. وتكون الدرنات المفككة طرية ومائية المظهر.
الفجل	تبدو الأنسجة المفككة نصف شفافة، وتكون الجذور طرية ومنكمشة.
البطاطا	تتلون الأنسجة الوعائية بلون بنى ضارب إلى الصفرة، وتبدو بقية الأنسجة مائية المظهر وتأخذ لونًا أخضر ضاربًا إلى الصفرة. وتكون الجذور طرية وشديدة القابلية للإصابة بالتحلل.
الطماطم	تصبح الثمار مائية المظهر، وتكون طرية بعد تفككها. وعندما يكون تجمد الثمار جزئيًّا، يشاهد حد فاصل واضح بين النسيجين المتجمد وغير المتجمد، وخاصة فى الثمار الخضراء.
اللفت	تظهر بقع صغيرة مائية المظهر على سطح الجذور. وتبدو الأنسجة المتأثرة بالتجمد رصاصية اللون أو رمادية، وتعطى رائحة غير مرغوبة.

أضرار البرودة

تقسيم المحاصيل البستانية حسب حساسيتها لأضرار البرودة

تحدث أضرار البرودة Chilling Injury فى معظم الخضروات الاستوائية وشبه الاستوائية عندما تخزن فى حرارة أعلى من درجة تجمدها، وأقل من ٥-١٥°م. ويتوقف الحد الأعلى للمجال الحرارى الذى تحدث فيه أضرار البرودة على نوع المحصول.

وتقسم المحاصيل البستانية - حسب حساسيتها لأضرار البرودة - إلى ثلاث مجموعات، كما يلى:

١- محاصيل تتحمل البرودة:

تتناسب فترة صلاحية خضروات هذه المجموعة للتخزين عكسيًّا مع درجة الحرارة ما دامت الحرارة أعلى من درجة التجمد.

٢- محاصيل حساسة للبرودة:

تزداد فترة صلاحية خضروات هذه المجموعة للتخزين كلما انخفضت الحرارة حتى درجة معينة تختلف باختلاف المحصول، ثم تنخفض فترة الصلاحية للتخزينمع أى انخفاض أكثر من ذلك فى درجة الحرارة. وتعرف هذه الدرجة باسم درجة الحرارة الحرجة لحدوث أضرار البرودة، وهى تتراوح - عادة - بين حوالى ١٠°-١٣°م. وتنتمى إلى هذه المجموعة معظم الخضر والفواكه الاستوائية وتحت الاستوائية.

٣- محاصيل حساسة قليلاً للبرودة:

تقل درجة الحرارة الحرجة - التى تحدث عندها أضرار البرودة - قليلاً فى خضروات هذه المجموعة مقارنة بخضروات المجموعة السابقة، وهى تتراوح - عادة - بين حوالى ٣ و ٤°م (عن Wang ١٩٩٤).

ولدرجة الحرارة المنخفضة تأثير متجمع Cumulative، حيث يبدأ فى الحقل قبل الحصاد، ويستمر مع التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة. وكثيرًا ما تبدو الخضر طبيعية المظهر عند إخراجها من المخازن الباردة، إلا أنها سرعان ما تظهر عليها أعراض البرودة بعد بقائها فى الجو العادى لمدة يوم أو يومين، أى أثناء فترة التسويق.

ولكن أعراض أضرار البرودة تظهر كذلك فى المخازن إذا طالت فترة التخزين فى حرارة أقل من الدرجة الحرجة الخاصة بالمحصول.

أعراض أضرار البرودة

من مظاهر أضرار البرودة ما يلى:

١- حدوث تغيرات داخلية وخارجية فى اللون discoloration.

٢- ظهور نقر pits على سطح الثمار.

٣- ظهور مناطق مائية المظهر Water-Soaked.

٤- عدم تجانس النضج أو عدم اكتماله.

٥- ظهور طعم غير مستساغ.

٦- حدوث انهيار داخلى بالأنسجة النباتية.

٧- تكون الخضروات أكثر عرضة للإصابة بالنموات الفطرية السطحية والتحلل (عن Kader وآخرين ١٩٨١).

وتكون هذه الأعراض مصاحبة — عادة — بزيادة فى معدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، والقابلية للإصابة بالأمراض، وفى التغيرات المؤدية إلى الشيخوخة، وخاصة بعد إخراج المنتجات من المخازن الباردة إلى درجة الحرارة العادية لأجل تسويقها.

ويوضح جدول (٢١-٦) أعراض أضرار البرودة فى الخضر المختلفة، وأقل درجة حرارة مأمونة يمكن أن تخزن عليها تلك الخضروات، دون أن تتعرض لهذه الأضرار.

وتكون الأعراض الخارجية لأضرار البرودة انعكاسًا لأضرار داخلية، لعل من أهمها وأبرزها تلك التى تحدث بالأغشية الخلوية. وعندما تفقد الأغشية الخلوية خاصية نفاذيتها الاختيارية للأيونات من جرّاء تعرضها للحرارة المنخفضة فإن الأيونات تتسرب من الخلايا دونما رابط. ولطالما استخدمت خاصية التوصيل الكهربائى لراشحات الأنسجة tissue leachates المتأثرة بالبرودة كدليل على مقدار الضرر الذى حدث بالأغشية الخلوية؛ حيث تؤدى زيادة الأضرار بالأغشية إلى زيادة الراشحات؛ ومن ثم زيادة قدرتها على التوصيل الكهربائى.

جدول (٢١-٦): أضرار البرودة في الخضر المختلفة، وأقل درجة حرارة مأمونة يمكن أن تخزن عليها تلك الخضروات، دون أن تتعرض لهذه الأضرار.

الخضر	الحد الأدنى المأمون لدرجة الحرارة (°م)	أعراض اضرار البرودة
الفاصوليا الخضراء	٧	نقر pitting وصدأ russeting
الخيار	٧	نقر وبقع مائية water-soaking وتحلل decay
الباذنجان	٧	انسفاع أو احتراق scald سطحي وعفن ألترناري
القاوون		
الشبكي	٧-١٠	نقر وتحلل سطحي
شهد العسل — الكاسافا — الفارسي	٧-١٠	نقر وتحلل سطحي وعدم النضج
البطيخ	٤	نقر وطعم غير مستساغ
البامية	٧	اسوداد وظهور مناطق مائية وتحلل
الفلفل الحلو	٧	نقر وعفن ألترناري
البطاطس	٣	تكون لون بني ضارب للحمرة mahogany browning
القرع العسلي وقرع الشتاء	١٠	تحلل وعفن ألترناري
البطاطا	١٣	تحلل ونقر وظهور لون داخلي أسود
الطماطم		
الحمراء	٤-١٠	ظهور مناطق مائية مع طراوة الثمار وتحللها
الخضراء المكتملة النمو	١٣	عدم اكتمال التلون وعفن ألترناري

وقد وجد Côté وآخرون (١٩٩٣) ارتباطًا بين درجة التوصيل الكهربائي لراشحات أجزاء من نسيج بشرة ثمار الطماطم التي تعرضت لحرارة ٣°م لفترات مختلفة وبين شدة أضرار البرودة التي ظهرت على الثمار (في صورة نقر وعدم تجانس في النضج) عندما نقلت بعد ذلك إلى حرارة ٢٠°م. ولكن هذا الارتباط ظهر فقط عند إجراء اختبار التوصيل الكهربائي في الحرارة المنخفضة (٣°م)، وليس بعد نقل الثمار إلى حرارة الغرفة (٢٠°م).

ومن بين وسائل الحد من أضرار البرودة، ما يلى:

١- التعريض لحرارة منخفضة تزيد قليلاً على الحرارة الحرجة، قبل تخزينها مباشرة.

٢- التعريض لحرارة مرتفعة قبل التخزين أو بصورة متقطعة أثناء التخزين.

٣- التخزين فى الجو المعدل.

٤- المعاملة ببعض المركبات الكيميائية، مثل بنزوات الصوديوم والثيابندازول.

٥- معاملات منظمات النمو، مثل: حامض الأبسيسيك والإثيلين والترايازولات.

أضرار الإثيلين

تنتج الخضروات والفاكهة غاز الإثيلين عند نضجها وأثناء تخزينها، وهو يعد من الهرمونات الطبيعية التى تكون نشطة فسيولوجيًّا فى تركيزات تصل — فى حدها الأدنى — إلى ٠,١ حتى ٠,٥ جزءًا فى المليون فى مختلف الثمار. وعلى خلاف ما كان شائعًا .. فإن الإثيلين هو الذى يحفز ويقدح التغيرات التى تؤدى إلى النضج، وليس أحد نواتج عملية النضج (Oeller وآخرون ١٩٩١).

معدل إنتاج الخضر والفاكهة للإثيلين

تتباين منتجات الخضر والفاكهة — كثيرًا — فى معدل إنتاجها لغاز الإثيلين عند نضجها وأثناء تخزينها كما هو مبين فى جدول (٢١-٧).

ومن أهم العوامل التى تؤدى إلى زيادة معدلات إنتاج المنتجات البستانية لغاز الإثيلين ما يلى:

١- وصول الثمار إلى مرحلة النضج.

٢- الأضرار الميكانيكية.

٣- الإصابات المرضية.

٤- ارتفاع الحرارة حتى ٣٠°م.

الأضرار التى يحدثها غاز الإثيلين

إن إهم الأضرار التى يحدثها غاز الإثيلين هو إسراع تدهور المنتجات البستانية. وتجدر

الإشارة إلى أنه لا توجد علاقة بين إنتاج المنتجات البستانية للإثيلين وبين سرعة تدهورها بعد الحصاد، ولكن تعريضها لتركيزات عالية من الغاز يسرع كثيرًا من وصولها إلى حالة الشيخوخة.

جدول (٢١-٧): معدل إنتاج بعض منتجات الخضر والفاكهة لغاز الإثيلين بالجزء فى المليون فى حرارة ٢٠°م.

معدل إنتاج غاز الإثيلين (ميكوليتر/كجم/ساعة)	المنتج
٠,٠١-٠,١	الكريز – الموالح – العنب – الفراولة – الخضر الورقية – الخضر الجذرية – البطاطس
٠,١-١,٠	البلوبرى – الخيار – البامية – الأناناس – الفلفل
١-١٠	الموز – التين – شهد العسل – المانجو – الطماطم
١٠-١٠٠	التفاح – الأفوكادو – الكنتالوب – النكتارين – الباباظ – المشمش – الكيوى – الخوخ – الكمثرى – البرقوق
> ١٠٠	السابوتة – الـ Passion fruit

ويؤدى وجود الثمار ذات المعدلات المرتفعة فى إنتاج الغاز مثل: التفاح، والكمثرى، والبرقوق، والأفوكادو، والقاوون الشبكى، والباباظ، والخوخ، بجانب الخضر الحساسة للغاز إلى حدوث أضرار كثيرة.

ويمكن إيجاز أهم الأضرار التى يحدثها غاز الإثيلين فيما يلى:

١– فقدان اللون الأخضر:

فالإثيلين يسرع من تحلل الكلوروفيل، ويؤدى إلى اصفرار الأنسجة الخضراء؛ فتنخفض بذلك صفات الجودة فى الخضر الورقية، وفى الثمار الخضراء الأخرى، كالبروكولى، والخرشوف. ومن أمثلة ذلك ما يلى:

أ– أدى تعرض الكرنب لـ ١٠-١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين أثناء التخزين فى حرارة ١°م لمدة خمسة أسابيع إلى فقدان اللون الأخضر وسقوط الأوراق. وتعتبر بعض أصناف

الكرنب أكثر حساسية فى هذا الشأن؛ حيث تفقد اللون الأخضر فى تركيزات أقل من الإثيلين تقدر بحوالى ١-٥ أجزاء فى المليون.

ب- أدى تركيز ٤ أجزاء فى المليون من الغاز إلى زيادة الاصفرار ومعدل التدهور فى كرنب بروكسل، والبروكولى، والقنبيط فى حرارة ١ °م.

جـ- لوحظ أن ثمار الكوسة المعرضة لتركيز ٥ أجزاء فى المليون من الغاز لحرارة ١٥-٢٠ °م قد فقدت لونها الأخضر.

د- أدت معاملة ثمار الخيار بتركيز ٠,١-١٠ أجزاء فى المليون من الإثيلين إلى فقدانها للون الأخضر، كما نقصت صلابة الثمار فى التركيزات المرتفعة.

٢- انفصال الأوراق والأعضاء النباتية الأخرى Abscission:

يؤدى التعرض للإثيلين إلى انفصال الأوراق وسقوطها فى الكرنب، وكرنب بروكسل، والقنبيط، والخضر الورقية، وانفصال البراعم فى البروكولى، وانفصال أوراق الكأس فى الباذنجان. فمثلاً .. أدى تعرض ثمار الباذنجان لغاز الإثيلين بتركيز ١-١٠ أجزاء فى المليون لمدة يومين إلى انفصال الكأس، وتلون لب الثمار والبذور باللون البنى، وسرعة تعفن الثمار.

٣- تأثيرات غير مرغوبة على القوام Texture:

يؤدى تعرض الثمار للإثيلين إلى فقدانها لصلابتها، وخفض فترة تخزينها ومقدرتها على الشحن؛ ومن أمثلة ذلك:

أ- أدى تعرض ثمار البطيخ للإثيلين بتركيز ٥-٦٠ جزءًا فى المليون إلى فقدان الثمار لصلابتها، ونقص سمك قشرة الثمرة، وتهتك أنسجتها. وقد صاحب ذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات التالية على الترتيب: peroxidase، و polyphenol oxidase، و esterase، و cellulase، و pectinase.

ب- برغم أن تعرض جذور البطاطا للإيثيلين قد قلل من صلابتها بعد الطهى -- وهى صفة مرغوبة — إلا أن المعاملة كان لها تأثير سئ على اللون والطعم.

جـ- أدى تعرض مهاميز الأسبرجس لتركيز ١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين لمدة ساعة

إلى زيادة صلابتها، وكان ذلك مصحوبًا بزيادة فى نشاط البيروكسيديز peroxidase مع زيادة تمثيل اللجنين.

٤- تغيرات فى الطعم:

برغم أن الإثيلين يحدث تغيرات هامة مرغوبة فى طعم ونكهة الخضروات تشمل تحول النشا إلى سكر، وفقدان الحموضة، وتكوين المركبات المتطايرة، إلا أنه يؤدى أيضًا إلى إحداث تغيرات غير مرغوبة، كما فى الحالات التالية:

أ- تكون مادة مرة (عبارة عن isocumarin) فى الجزر.

ب- تكون طعم مر فى الكرنب عند التعرض للغاز بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون.

٥- تبرعم البطاطس:

تنمو البراعم من عيون البطاطس عند تعرضها لغاز الإثيلين بتركيز جزأين فى المليون لمدة ٧٢ ساعة؛ وبذلك تؤدى هذه المعاملة إلى إنهاء حالة السكون، إلا أنها تمنع استطالة النموات المتكونة. ويعد هذا التأثير مفيدًا فى حالة تقاوى البطاطس، ولكنه غير مرغوب فى البطاطس المعدة للاستهلاك. وتصاحب المعاملة بالإثيلين زيادة كبيرة فى معدل تنفس الدرنات.

٦- تكوين تبقعات صدئة Russet spotting فى الخس:

يعتبر الإثيلين هو العامل الأساسى فى ظهور حالة التبقعات الصدئة فى الخس. ويكفى تعرض الخس لتركيز ٠,١ جزء فى المليون لظهور هذا العيب الفسيولوجى بصورة كبيرة أثناء الشحن العادى فى حرارة ٥°م لمدة ٥-٨ أيام. وتبدأ الأعراض فى الظهور على شكل بقع صغيرة فى البشرة أو النسيج الوسطى (الميزوفيل) تمتد حتى النسيج الوعائى؛ حيث يتدهور نسيج الميزوفيل، وتنشأ عن ذلك انخفاضات صدئة تشبه النقر (عن Kader ١٩٨٥).

وسائل تجنب إضرار غاز الإثيلين

لتجنب الأضرار التى يمكن أن يحدثها الإثيلين فى المخازن، يلزم التخلص منه بإحدة الطرق التالية:

١- إزالة الغاز من المخازن أولاً بالتهوية الجيدة.

٢- تجنب مصادر الغاز التى من أهمها:

أ- الجرارات والآلات التى تعمل بالوقود: فيجب عدم تركها فى المخازن دون استعمال. وتفضل استخدام الرافعات forklifts التى تعمل بالكهرباء.

ب- إزالة الثمار الزائدة النضج أولاً بأول.

جـ- إزالة الثمار المجروحة.

د- عدم ترك الثمار المنتجة للإيثيلين مع الثمار الأخرى الأقل إنتاجًا للغاز.

٣- استخدام مادة ماصة ذات مسطح كبير يمكنها ادمصاص برمنجنات البوتاسيوم؛ مثل الفيرميكيوليت، والسيليكاجل، والبرليت؛ حيث تتحول البرمنجنات بواسطة الغاز من صورة MnO_4 ذات اللون القرمزى إلى الصورة MnO_2 ذات اللون البنى (Sherman ١٩٨٥).

٤- المعاملة بمضاد الإثيلين 1-MCP.

تفيد المعاملة بمضاد الإثيلين 1-MCP فى تجنب أضرار الغاز فى بعض محاصيل الخضر. ففى الفلفل كانت المعاملة بالـ 1-MCP بتركيز ١,٠ ميكروليتر/لتر شديدة الفاعلية فى تأخير شيخوخة الثمار، وتحلل الكلوروفيل، والفقد فى الوزن. وقد حافظت المعاملة على محتوى الفلفل من فيتامين جـ، وخفضت من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين عما حدث فى ثمار الكنترول، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (مثل الـ superoxide dismutase، والـ α-ascorbate peroxidase) ومحتوى الثمار من متعددات الأمين، مثل الـ spermidine، والـ putrescine (Cao وآخرون ٢٠١٢).

تنفس منتجات الخضر بعد الحصاد

يمكن إرجاع غالبية التغيرات التى تطرأ على الخضروات بعد الحصاد إلى تنفس أنسجتها، وما يصاحب ذلك من نشاط إنزيمى وانطلاق للطاقة. فتوجد علاقة طردية مباشرة بين سرعة تدهور الخضروات المخزنة ومعدل تنفس أنسجتها.

تقسيم الخضروات حسب معدل التنفس بعد الحصاد

تقسم الخضروات إلى خمس مجاميع حسب معدل تنفس أنسجتها بعد الحصاد كما يلي (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

المجموعة	معدل التنفس عند ٥°م (مجم CO_2/كجم/ساعة)	الخضر
التنفس منخفض جدًا	< ٥	الخضر المجففة (ومن الفاكهة التمر والنقل)
التنفس منخفض	٥–١٠	البصل والبطاطس
التنفس متوسط	١٠–٢٠	الكرنب ، والجزر، والخس، والفلفل، والطماطم
التنفس مرتفع	٢٠–٤٠	الفراولة، والقنبيط، وفاصوليا الليما
التنفس مرتفع جدًا	٤٠–٦٠	الخرشوف، والفاصوليا، وكرنب بروكسل
التفس شديد الارتفاع	> ٦٠	الأسبرجس، والبروكولى، وعيش الغراب، والبسلة، والسبانخ، والذرة السكرية

ويلاحظ من التقسيم السابق لمعدل التنفس فى محاصيل الخضر أنه ينخفض كلما ازدادت درجة نضج الأنسجة فى الأعضاء النباتية التى يتم حصادها سواء أكانت جذورًا، أم سيقانًا، أم أوراقًا، أم أزهارًا، أم بذورًا (عن Snowdon ١٩٩٠).

تأثير درجة الحرارة على معدل تنفس وتدهور الخضر أثناء التخزين

يكون تنفس الخضروات أقل ما يمكن فى درجة الحرارة الأعلى من درجة التجمد مباشرة، ثم يزيد معدل التنفس بمقدار ٢–٣ أضعاف فيما بين الصفر المئوى و ١٠°م، وبمقدار الضعف مع كل زيادة فى الحرارة بعد ذلك مقدارها ١٠ درجات مئوية فيما بين ١٠ و ٣٥°م؛ أى تخضع الزيادة فى معدل التنفس مع ارتفاع درجة الحرارة فى هذا المدى لقانون فانت هوف Van't Hoff.

ويعرف مقدار التضاعف فى معدل التنفس (أو أى من العمليات الحيوية الأخرى) مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية باسم Temperature Quotient،

ويعطى الرمز Q_{10}. ويبين جدول (٢١-٨) الـ Q_{10} بالنسبة لمعدل التدهور فى عدد من الخضروات.

جدول (٢١-٩): تأثير التغير فى درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية على معدل تدهور بعض الخضروات (Q_{10}).

المحصول والتقدير[أ]		الـ (Q_{10}) عند التغير فى درجة الحرارة من – إلى ° م		
		صفر-١٠	١٠-٢٠	٢٠-٣٠
الأسبرجس	١ :	٢,٧	٢,٤	١,٨
	٢ :	٥,٨	٢,٧	١,٤
	٣ :	١٠,٠	٢,٠	٢,٠
كرنب بروكسل	١ :	٣,٨	٢,٧	١,٩
الكرفس	١ :	٤,١	٢,٣	١,٩
خس الرؤوس	١ :	٢,٥	٢,٢	١,٩
البسلة	١ :	٣,٣	٢,٨	٢,٠
	٢ :	٢٧,٥	٢,٦	١,٥
الفجل	١ :	٢,٩	٢,٣	١,٦
السبانخ	١:	٣,٣	٢,٥	١,٨
الذرة السكرية	٢ :	٣,٩	٣,٦	١,٥

(أ) التقدير على أساس الوقت اللازم مروره: ١- لوصول المنتج إلى حالة غير صالحة للبيع، و ٢- لفقد المنتج لـ ٣٠٪ من السكر الموجود به ابتداء، و ٣- لحدوث زيادة مقدارها ٥٠٪ فى نسبة الألياف.

وتتباين قيمة Q_{10} بتغير درجة الحرارة فى عديد من العمليات البيولوجية، بما فى ذلك التنفس، وهى تتراوح بالنسبة للتنفس – عادة – بين ١,٠ و ٥,٠، وتكون أعلى ما يمكن بين صفر، و ١٠° م.

ويجب أن تعتمد قيمة Q_{10} المقدرة على معدل تنفس المنتج فى البداية؛ ذلك لأنه بعد تخزينه فى درجات حرارة مختلفة يصبح المنتج فى أعمار فسيولوجية متباينة، وتصبح معدلات التنفس المقدرة له مضللة.

هذا .. ولا يعنى ارتفاع معدل التنفس الابتدائى لمحصول ما أنه بالضرورة ذو Q_{10} مرتفعة، والعكس – كذلك – صحيح.

ويبين جدول (٢١-٩) مثالاً افتراضيًّا يوضح العلاقة ما بين الـ Q_{10} للتنفس ومعدل تدهور المنتج أثناء التخزين، معبرًا عنه بفترة الصلاحية للتخزين والنسبة المئوية للفقد اليومى.

جدول (٢١-٨): العلاقة بين الـ Q_{10} للتنفس ومعدل تدهور المنتج أثناء التخزين.

التغير فى الحرارة (°م)	Q_{10} المفترضة[أ]	سرعة التدهور النسبية	فترة التخزين النسبية	الفقد اليومى (٪)
حرارة الأساس: صفر	—	١,٠	١٠٠	١
صفر – ١٠	٣,٠	٣,٠	٣٣	٣
١٠-٢٠	٢,٥	٧,٥	١٣	٨
٢٠-٣٠	٢,٠	١٥,٠	٧	١٤
٣٠-٤٠	١,٥	٢٢,٠	٤	٢٥

(أ): Q_{10} = (معدل التدهور عند حرارة T + ١٠°م)/ معدل التدهور عند حرارة T°م.

وتقسم الخضروات حسب معدل تنفسها فى مختلف درجات الحرارة كما يلى:

١- خضروات بطيئة فى معدل تنفسها (أقل من ١٠ مجم ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة عند ١٠°م، أو أقل من ٤٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ٢٠°م)، وتشمل: البطاطس، والبصل، والخيار.

٢- خضروات ذات معدل تنفس متوسط (١٠-٢٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ١٠°م، أو ٤٠-٨٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ٢٠°م) وتشمل: الفلفل، والجزر، والطماطم، والباذنجان.

٣- خضروات ذات معدل تنفس عال (٢٠-٤٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ١٠°م، أو ٨٠-١٢٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ٢٠°م)، وتشمل: الفجل.

٤- خضروات ذات معدل تنفس عال جدًّا (أكثر من ٤٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ١٠°م أو ١٢٠ مجم CO_2/كجم/ساعة عند ٢٠°م)، وتشمل: البصل الأخضر، والقنبيط، والبسلة،

والشبت، والبقدونس، والقاوون، والبامية، وعيش الغراب (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤أ، و ١٩٨٤ب).

تأثير الأكسجين على معدل التنفس

يؤدى خفض نسبة الأكسجين وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن إلى خفض معدل التنفس فى الخضر المخزنة، ويسمى ذلك الإجراء بـ "التخزين فى الجو المعدل" Modified Atmosphere Storage. ويحتوى الجو المعدل عادة على ٣٪–٥٪ أكسجينًا، ونحو ٥٪ ثانى أكسيد الكربون.

ويلزم دائمًا توفر كمية كافية من الأكسجين؛ حتى يستمر التنفس هوائيًّا وينطلق الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون؛ لأن غياب الأكسجين يجعل التنفس لا هوائيّ، ويتكون الكحول، وحامض الخليك، وثانى أكسيد الكربون. والكحول ضار بالأنسجة النباتية، ويؤدى إلى موت الخلايا. كما أن المركبات الوسطية الأخرى التى تتكون أثناء عملية التنفس اللاهوائى هذه ضارة أيضًا. فدرنات البطاطس يتكون بها التيروزين tyrosine المسئول عن اللون الأسود فى الدرنات المصابة بحالة القلب الأسود، وتتكون بالكرنب والكرفس مواد تحدث نقرًا وبقعًا صغيرة متناثرة فى أعناق الأوراق والعروق.

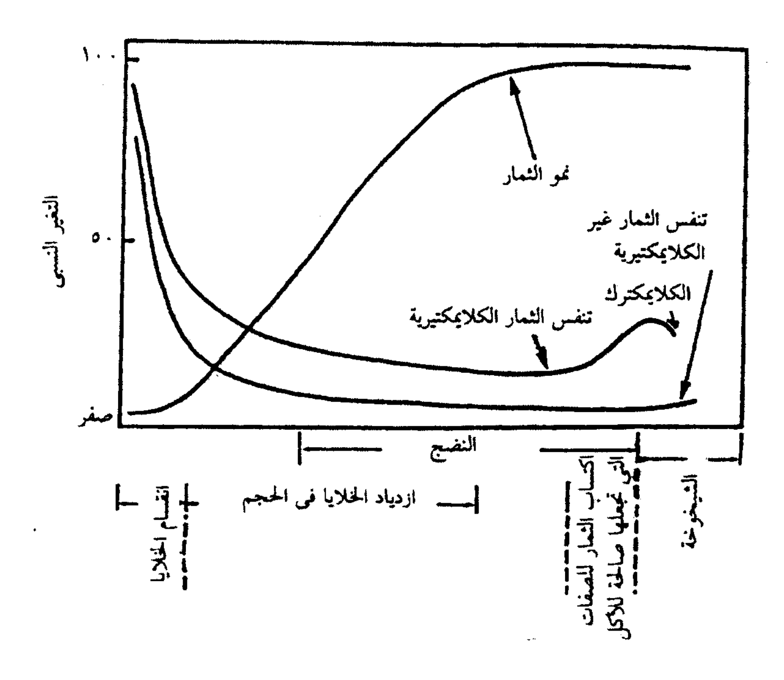
وتتضح من ذلك أهمية التهوية فى حجرات التخزين. كما أنه من الضرورى تحريك الهواء خلال المحصول المخزن لنقل الحرارة الناتجة من التنفس.

ظاهرة الكلايمكترِك أثناء تنفس الثمار

اكتشف Kidd & West ظاهرة الكلايمكترِيك Climacteric أثناء دراستهما للتغيرات فى معدل تنفس ثمار التفاح عند نضجها؛ فقد لاحظا أن ثمار التفاح تمر بثلاث مراحل كالتالى:

١– فى المرحلة الأولى يحدث انخفاض طفيف فى معدل التنفس، يستمر – تدريجيًا – مع كبر حجم الثمار، حتى تصل إلى أكبر حجم لها. ويطلق على هذه المرحلة اسم "ما قبل الكلايمكتريك" Preclimacteric Stage.

٢- تبدأ المرحلة الثانية بعد وصول الثمار إلى أكبر حجم لها، وتستمر أثناء نضجها. ويحدث أثناءها ارتفاع حاد فى معدل التنفس يصل إلى أقصاه عند اكتمال نضج الثمار. ويطلق على هذه المرحلة اسم "الكلايمكتِريك"، أو "ذروة التنفس" Climacteric Stage (شكل ٢١-١).



شكل (٢١-١): طرز نمو وتنفس الثمار أثناء تطورها (عن Wills وآخرين ١٩٨١).

وتقسم الثمار حسب التغيرات التى تلاحظ فى معدل التنفس بها بعد القطف إلى قسمين:

١- ثمار تحدث فيها ظاهرة الكلايمكتِريك، وتسمى الثمار الكلايمكتِرية Climacteric Fruits، ومن أمثلتها: التفاح، والتين، والكمثرى، والمشمش، والخوخ، والبرقوق، والزبدية، والمانجو، والموز، والباباظ، والسابوتا، والبشملة، والطماطم، والقاوون — خاصة الكنتالوب، وكيزان العسل — والبطيخ.

٢- ثمار غير كلايمكتيرية Non-Climacteric Fruits: لا يلاحظ بها تغيرات في معدل التنفس بعد القطف. ومن أمثلتها: الكريز، والزيتون. والعنب، والموالح، والأناناس، والفراولة، والخيار، والفلفل. والباذنجان (شكل ٢١-١).

وبرغم صحة هذا التقسيم من حيث التغيرات الملاحظة في معدل التنفس بعد القطف، إلا أنه يمكن القول بأن ظاهرة الكلايمكترِيك تحدث في جميع الثمار اللحمية إذا قطفت بعد اكتمال نموها مباشرة، لكن ما يحدث هو أن بعض الثمار — كالخيار، والكوسة، والباذنجان — تقطف قبل وصولها إلى أقصى حجم لها؛ فلا تحدث بها الظاهرة، لأنها لا تنضج نباتيًّا بعد القطف. والبعض الآخر يقطف بعد اكتمال نموه، ولكنه يستهلك قبل نضجه نباتيًّا، كالفلفل، فلا تلاحظ به الظاهرة. كما أن بعض الثمار تقطف بعد اكتمال نضجها؛ فتكون ظاهرة الكلايمكترِيك قد حدثت بها قبل القطف، كما في العنب، والتين، والفراولة (النبوى وآخرون ١٩٧٠).

معاملات المحافظة على الجودة والحد من الإصابات المرضية والحشرية

تتنوع كثيرًا المعاملات التي تُجرى على الخضر الطازجة للمحافظة على جودتها والحد من إصاباتها المرضية والحشرية أثناء التخزين، كما يلي:

١- المعاملات الحرارية السابقة للتخزين، وهي التي تجرى بعد الحصاد مباشرة، وتعرف باسم المعالجة curing.

٢- المعاملات الحرارية التجارية لأجل التخلص من الحشرات الحية، وتكون بالهواء الساخن.

٣- المعاملات الحرارية التي تجرى بهدف مكافحة الإصابات المرضية، وتكون غالبًا بالماء الساخن، وقد تجرى بالهواء الساخن: تكون المعاملة بالماء الساخن لفترة قصيرة لا تزيد عن الساعة على حرارة ٤٥-٦٠°م، أما المعاملة بالهواء الساخن فتستمر لمدة ١٢ ساعة حتى أربعة أيام على حرارة ٣٨-٤٦°م.

٤- المعاملات الحرارية التي تهدف إلى الحد من أضرار البرودة في المحاصيل

الحساسة للبرودة، وتكون بالتعريض للهواء الساخن أو بالغمر في الماء الساخن. وقد تجرى المعاملة بصورة متقطعة أثناء التخزين البارد.

٥- المعاملة بمركبات حيوية للمحافظة على الجودة، ومن بين هذه المركبات:

- الإيثانول والأسيتالدهيد.
- المثيل جاسمونيت.

٦- المعاملة بمركبات كيميائية للمحافظة على الجودة، ومن بين هذه المركبات:

- مركبات تمنع التزريع في المخازن، مثل الـ methyl ester of napthalene acetic acid، والـ chloro-IPC، و nonal alcohol.
- مركبات الكالسيوم وكاتيونات أخرى تجرى بهدف إبطاء وصول المنتج لمرحلة اكتمال النضج.

٧- تغليف المنتجات الطازجة بأغشية من مواد مأكولة، مثل الشيتوسان والتريهالوز وشمع الكرنوبا والصمغ والزيوت المعدنية والمستحلبات وعديدات التسكر والشموع النباتية وشمع النحل والليسثين.

٨- معاملات الهواء المعدل لأجل التخلص من الحشرات الحية.

٩- المعاملة بالأشعة المؤينة.

١٠- المعاملة بالزيوت الأساسية لأجل مكافحة الأمراض.

١١- المعاملة بمركبات حيوية مضادة للفطريات والبكتيريا.

- حامض الخليك.
- حامض الأوكساليك.
- الجلوكوسينولات.
- البروبولس propolis.

١٢- المعاملة بمركبات كيميائية مضادة للفطريات والبكتيريا.

- مركبات الكالسيوم.
- أكسيد النيتروز.

- أملاح البيكربونات.
- حامض الجبرلليك.

١٣- المعاملة بمثيرات المقاومة المستحثة للأمراض، وهذه قد تكون مثيرات كيميائية عضوية طبيعية، مثل حامض السلسيلك والشيتوسان، أو مثيرات غير عضوية مثل حامض الفوسفونك وأملاحه، وقد تكون مثيرات عضوية مخلقة صناعيًا، مثل: الـ INA (وهو 2,6-dichloroisonicotinic acid)، والـ acibenzolar، وقد تكون المثيرات فيزيائية (مثل: المعاملة الحرارية السابقة للتخزين، وزيادة ثانى أكسيد الكربون، والتعريض للأشعة المؤنية، والتعريض للأشعة فوق البنفسجية UV-C)، كما قد تكون المثيرات بيولوجية ومنها عديد من الكائنات الدقيقة.

ونلقى مزيدًا من الضوء على الكثير من تلك المثيرات فيما يلى:

١٤- المعاملة بالمركبات الكيميائية المثيرة للمقاومة الطبيعية، ومنها:

- الـ BTH (وهو: benzothiadiazole).
- الـ harpin.
- الـ BFO (وهو: burdock fructooligosaccharide).
- الأوزون.

١٥- المعاملة بمركبات الأيض الثانوية كمثيرات للمقاومة، ومنها:

- المثيل ساليسيلات.
- حامض الجاسمونك والمثيل جاسمونيت.
- مركبات عطرية طبيعية أخرى تنتجها الثمار.

١٦- معاملات فيزيائية مثيرة للمقاومة الطبيعية، مثل:

- الصدمات الحرارية.
- الأشعة فوق البنفسجية UV-C.

١٧- المكافحة الحيوية للأمراض أثناء التخزين، حيث قد تستخدم أنواع بكتيرية معينة والخميرة. كما قد تستخدم الميكوريزا قبل الحصاد فى الحد من الإصابات الفطرية عند التخزين.

١٨- المعاملة بالمطهرات للتخلص من مسببات الأمراض والوقاية منها، ومن أمثلتها:

- البوراكس وحامض البوريك.
- هيبوكلوريت الصوديوم.
- غاز ثانى أكسيد الكبريت.

١٩- المعاملة بالمبيدات للتخلص من مسببات الأمراض بعد الحصاد، ومنها: البنليت، والكابتان، والثيرام، والبوترام، والـ OPP، وال SOPP.

٢٠- معاملات التبخير لأجل التخلص من الحشرات الحية، وهى تستخدم فى حالات الحجر الزراعى.

وكأمثلة للدراسات الحديثة نسبيًا بشأن معاملات الحد من الأضرار بعد الحصاد .. نذكر ما يلى:

- وجد أن معاملة الفراولة ثلاث مرات ببخار حامض الخليك acetic acid بتركيز ٢ مجم/لتر قللت من إصابة الثمار بالفطر *B. cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى بنسبة ٥٦٪، بينما كان الخفض فى الإصابة ١٢٪ فقط عندما كانت المعاملة ببخار الحامض مرة واحدة بتركيز ٦ مجم/لتر (Hassenberg وآخرون ٢٠١٠).
- أدت معاملة جذور الجزر بالشيتوسان وبالـ acetyl salicylic acid إلى خفض شدة إصابتها بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض عفن الجذور الأسكلوروشى. وقد ازداد مفعول الشيتوسان فى مكافحة الفطر بانخفاض درجة الـ N-acetylation به، ووجد ارتباط سالب بين تثبيط نمو هيفات الفطر والوزن الجزيئى للشيتوسان المستخدم. كذلك وجدت زيادة فى نشاط إنزيمات الـ phenylalanine ammonia lyase والبولى فينول أوكسيديز والبيروكسيديز فى الجذور الملقحة بالفطر بعد معاملتها بمختلف الشيتوسانات وحامض السلسيلك (Ojaghian وآخرون ٢٠١٣).
- أدت معاملة ثمار الفراولة قبل تخزينها بالأشعة فوق البنفسجية UV-C إلى خفض الفاقد منها بسبب الإصابات المرضية والأعفان. ووجد أن تلك المعاملة يترتب عليها زيادة فى نشاط الدفاع ضد الأمراض، مثل: الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ β-1,3-

glucanase، والـــ peroxidase، والـــ polyphenol oxidase، كـــذلك ازداد تواجـــد البروتينـات المضـادة للإصـابات المرضـية مثـل تلـك التـى ينتجهـا إنـزيم الـ chitinase (Pombo وآخرون ٢٠١١).

التبريد وأهميته

تعد درجة الحرارة أهم عامل مـؤثر فـى بقـاء الخضـر والفاكهـة بحالـة جيـدة بعـد الحصاد، ونعنى بذلك درجة حرارة مركز المنتج أو لب الثمار. وبمجـرد حصـاد المنـتج يتعين تبريده أوليًا بأسرع ما يمكن ثم حفظه فى أقل حرارة يمكن أن يتحملـها. وهـى تكـون — غالبًـا — حـرارة أعلـى قلـيلاً مـن حـرارة التجمـد بالنسـبة للمنتجـات غـير الحساسة لأضرار البرودة، وحرارة أعلـى قلـيلاً مـن تلـك التـى تحـدث عنـدها أضـرار البرودة بالنسبة للمنتجات الحساسة لها.

وعلينا أن نتذكر أن تأثير التعرض للحرارة العالية هو تأثير متجمـع، وتتناسـب شـدة الأضرار التى تحدثها الحرارة العالية طرديًا مع مجموع الساعات الحراريـة التـى تعـرض لها المنتج فى حرارة أعلى من تلك التى تناسب تخزينـه، سـواء أتم ذلـك التعـرض مـرة واحدة بعد الحصاد مباشرة، أم على فترات متقطعة بعد ذلك (Hui وآخرون ٢٠٠٣).

ومن أهم مظاهر أضرار الحرارة العالية فقدان اللون المميز، واحتراق الأسطح، وعـدم تجانس النضج، والطراوة الزائدة، والفقد الرطوبى.

وتعد البرودة بمثابة درجة منخفضة مـن الحـرارة، والتبريـد هـو طـرد الحـرارة مـن المنتج ولا يكون بدفع البرودة فيه.

ويعمل التخزين فى درجة حرارة منخفضة على تثبيط كلٍّ من:

١- التنفس والأنشطة الحيوية الأخرى.

٢- التدهور الذى يحدث مع زيادة النضج وفقدان الثمار لصـلابتها والـتغيرات فـى القوام واللون.

٣- الفقد فى الرطوبة والذبول.

٤- التلف الناتج من الإصابة بالبكتيريا والفطريات والخمائر.

٥- النموات غير المرغوبة، كما يحدث فى البصل والبطاطس.

تقسيم محاصيل الخضر حسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لتخزينها

يمكن تقسيم محاصيل الخضر — حسب درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لتخزينها — إلى ثلاث مجموعات، كما يلى:

أولاً: الخضر الورقية والغضة الساقية والزهرية

١- الخضر الورقية: تتضمن الخس، والكرنب، والكرنب الصينى، والكرنب بروكسل، والكرفس، والروبارب، والسبانخ، والسلق، والكيل، والهندباء، والبقدونس، والبصل الأخضر.

٢الخضر الساقية: تتضمن الأسبرجس، وكرنب أبو ركبة، والفينوكيا.

٣-الخضر الزهرية: تتضمن الخرشوف، والبروكولى، والقنبيط.

يتطلب تخزين هذه الخضروات سرعة تبريدها إلى ١ ± ١ْم، مع تجنب تعريضها للتجمد، ثم تخزينها تحت نفس الظروف الحرارية، مع رطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪.

ولا يوصى بتخزين خضروات هذه المجموعة لفترات طويلة باستثناء الكرنب، والكرنب الصينى، والكرفس.

ويتعين تحريك هواء المخزن بين الخضر المخزنة للمحافظة على درجة الحرارة المطلوبة، مع التخلص من غاز ثانى أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس أولاً بأول، وتأمين مستوى مناسب من الأكسجين، وعدم تعريض الخضروات المخزنة لغاز الإثيلين.

ثانيًا: الخضر الجذرية، والساقية المتدرنة، والبصلية

١- الخضر الجذرية: تتضمن البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت، والبطاطا، والكاسافا.

٢- الخضر الساقية المتدرنة : تتضمن البطاطس، والطرطوفة، واليام، والقلقاس.

٣- الخضر البصلية : تتضمن البصل والثوم.

ويناسب تخزين هذه المحاصيل الظروف التالية:

١- تخزن الخضر الجذرية من محاصيل المواسم الباردة (مثل: البنجر، والجزر، والفجل، وفجل الحصان، والجزر الأبيض، واللفت) فى حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٥٪، و ٩٨٪، والتهوية الجيدة للتخلص من الحرارة وثانى أكسيد الكربون الناتجين من التنفس.

٢- يمكن تخزين البطاطس لمدة ١٠-١٢ شهرًا، ولكن تتوقف ظروف التخزين المناسبة على الهدف الذى يخزن من أجله المحصول؛ فالبطاطس التى تخزن لأجل التسويق الطازج يناسبها حرارة ٤-٧°م، و ٩٥٪-٩٨٪ رطوبة نسبية، والتهوية الجيدة (بمعدل ٠,٠٢م³ هواء فى الدقيقة/٤٥ كجم من البطاطس المخزنة) لمنع تراكم غاز ثانى أكسيد الكربون، والإظلام التام لمنع اخضرار الدرنات.

أما البطاطس التى تخزن لأجل التصنيع (مثل صناعة الشبس) فيناسبها حرارة ٨-١٢°م، ورطوبة نسبية من ٩٥٪-٩٨٪، والتهوية الجيدة، والإظلام التام كذلك.

ويناسب البطاطس التى تخزن لأجل استعمالها كتقاوٍ حرارة صفر-٢°م، ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪، وتهوية جيدة.

٣- تتوقف حرارة التخزين المناسبة للثوم على طول فترة التخزين المطلوبة؛ فهى صفر°م عند الرغبة فى تخزين المحصول لمدة ٦- ٧ شهور، و ٢٨-٣٠°م إذا كان التخزين لمدة لا تزيد على الشهر. وفى كل الأحوال يجب كذلك توفير ٧٠٪ رطوبة نسبية، وتهوية بمعدل متر مكعب واحد من الهواء فى الدقيقة لكل متر مكعب من محصول الثوم المُخزّن.

٤- تتوقف فترة تخزين البصل المكنة على كلٍّ من الصنف ودرجة حرارة التخزين؛ فتتراوح الفترة من شهر واحد بالنسبة للأصناف القليلة الحرافة — التى

تنخفض فيها نسبة المواد الصلبة - إلى ٦-٧ شهور بالنسبة للأصناف العالية الحرافة التى ترتفع فيها نسبة المواد الصلبة. ويجب أن يكون التخزين إما فى حرارة منخفضة (صفر-٥°م)، وإما فى حرارة مرتفعة (٢٨-٣٠°م)؛ لأن الحرارة المعتدلة تحفز تنبيت الأبصال.

كذلك يجب أن تتوفر فى مخازن البصل رطوبة نسبية تتراوح بين ٦٥٪، و ٧٠٪، وتهوية جيدة بمعدل ٠,٥-١,٠م³ من الهواء فى الدقيقة لكل متر مكعب من البصل المُخزَّن، مع عدم تعريض الأبصال للضوء.

٥- وتخزن الخضر الجذرية الاستوائية فى الظروف التالية:

المحصول	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	مدة التخزين
الكاسافا	٥-٨	٨٠-٩٠	٢-٤ أسابيع
البطاطا	١٢-١٤	٨٥-٩٠	٦ شهور على الأقل
القلقاس	١٣-١٥	٨٥-٩٠	٤ شهور على الأقل
اليام	١٣-١٥	قريبًا من ١٠٠٪	٦ شهور على الأقل

ثالثًا: الخضر الثمرية

١- الثمار غير المكتملة التكوين: تتضمن البقوليات (فاصوليا الليما، والفاصوليا العادية، والبسلة، واللوبيا)، والخيار، والكوسة، والباذنجان، والفلفل، والبامية، والذرة السكرية.

٢- الثمار المكتملة التكوين: تتضمن القاوون، والبطيخ، والقرع العسلى والطماطم.

تعتبر معظم خضروات هذه المجموعة حساسة للبرودة (الحرارة الأقل من ١٢,٥°م)، ويتوقف مقدار الضرر على مدى الانخفاض فى درجة الحرارة، وطول فترة التعرض للحرارة، والمحصول ذاته.

وتكون ظروف التخزين المناسبة كما يلى:

١- الثمار المكتملة التكوين:

أ- الطماطم الخضراء المكتملة التكوين والقرع العسلى: ١٣-١٥,٥ْم.

ب- الطماطم الملونة جزئيًا، والقاوون الشبكى، وشهد العسل فى بداية مراحل اكتمال النضج: ٥-٧ْم.

جـ- الطماطم المكتملة النضج والبطيخ: ٧-١٠ْم.

د- القاوون المكتمل النضج: ٤-٦ْم.

٢- الثمار غير المكتملة التكوين:

أ- الباذنجان، والخيار، والكوسة، والبامية: ١٠-١٣ْم.

ب- الفلفل: ٥-٧ْم.

جـ- فاصوليا الليما، والفاصوليا العادية، واللوبيا: ٥-٨ْم.

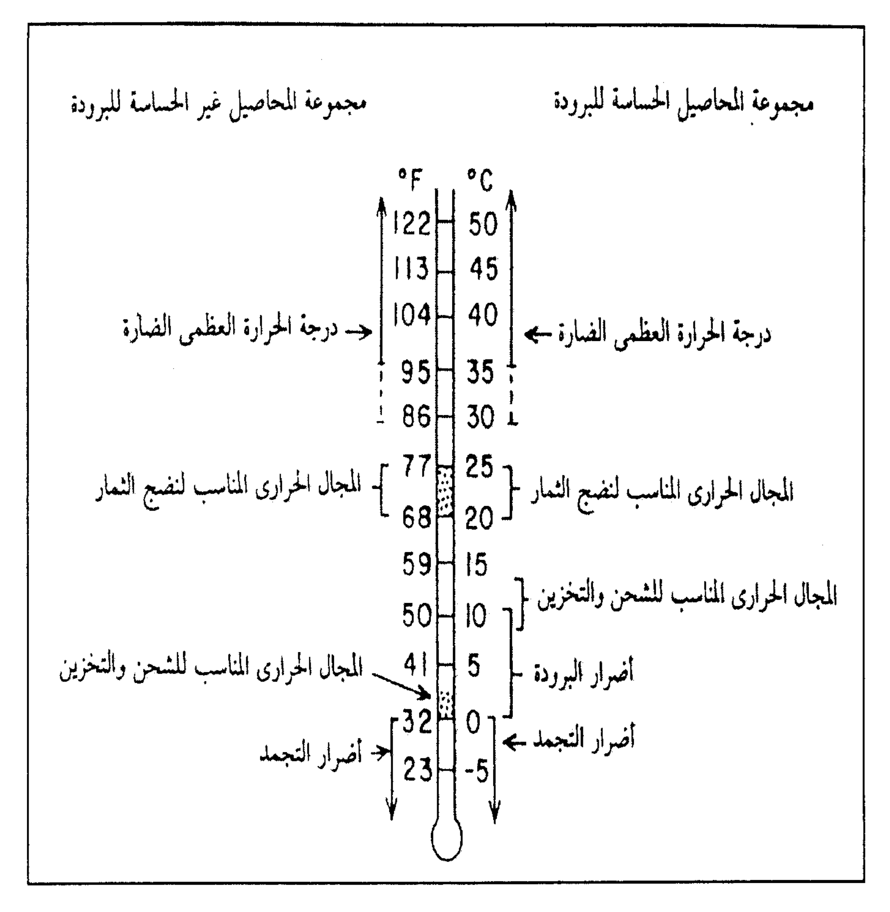
د- البسلة، والفول الرومى، والذرة السكرية: صفرْم.

ويناسب جميع الخضروات رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪ و ٩٥٪، فيما عدا القرع العسلى الذى تناسبه رطوبة نسبية تتراوح بين ٦٠٪ و ٧٠٪.

حرارة التخزين المناسبة للخضر حسب حساسيتها للبرودة

يبين شكل (٢١-٢) الظروف الحرارية المناسبة لتخزين مختلف الخضروات، مقسمة حسب كونها حساسة للبرودة، أم غير حساسة لها.

ويمكن إجمالاً القول بأن الذرة السكرية وجميع خضر الجو البارد تخزن فى درجة الصفر المئوى، وتستثنى من ذلك البطاطس التى يفضل تخزينها فى حرارة ٤ْم. أما خضر الجو الدافئ، فيفضل تخزينها فى حرارة ٧-١٠ْم؛ لأن انخفاض درجة الحرارة عن ذلك يؤدى إلى تعرضها لأضرار البرودة.



شكل (٢١-٢): الظروف الحرارية المناسبة لتخزين مختلف الخضروات والفاكهة حسب كونها حساسة للبرودة (مثل: الفاصوليا الخضراء، والخيار، والباذنجان، والقاوون، والبامية، والفلفل، والبطاطس، والموز، والجوافة، والمانجو، والزيتون، والباباظ والأناناس، والزبدية، والقرع العسلي، وقرع الكوسة، والبطاطا، والطماطم، والبطيخ)، أم غير حساسة لها (مثل: التفاح والمشمش، والكريز، والتين، والعنب، والنكتارين، والخوخ، والكمثرى، والخرشوف، وفاصوليا الليما، والبنجر والبروكولى، وكرنب بروكسل، والكرنب، والجزر، والكاكى، والبرقوق، والفراولة، والأسبرجس، والقنبيط، والكرفس، والذرة السكرية، والثوم، والخس، والبصل، والبسلة، والفجل، والسبانخ، واللفت) (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

يبين جدول (٢١-١٠) تقسيمًا لمحاصيل الخضر حسب فترة التخزين المختلفة لها.

جدول (٢١-١٠) تقسيم محاصيل الخضر حسب درجة الحرارة المثلى للتداول والتخزين، وطول فترة التخزين الممكنة (عن عبدالقادر ١٩٨٦)

طول فترة التخزين الممكنة	درجات الحرارة المثلى للتداول والتخزين (°م) صفر	٥	١٠	١٣
	صفر	٥	١٠	١٣
أقل من أسبوع	البسلة – الفول البلدى الأخضر – البصل الأخضر – الفراولة		الطماطم المكتملة – التلوين	
١-٢ أسبوع	الخرشوف – السبانخ – الخس الورقى – البروكولى – عيش الغراب	القاوون – اللوبيا الخضراء	الخيار – قرع الكوسة – الفلفل – البامية	الطماطم (نصف – الباذنجان تلون)
٢-٣ أسابيع	الأسبرجس – الكرفس – الشيكوريا – الخس – الكرنب		كيزان العسل – البطيخ – القثاء –	الشمام الطماطم (أقل من ربع تلون)
٣-٤ أسابيع	القنبيط – الفجل – البقدونس			الطماطم المكتملة النمو الخضراء
٤-٦ أسابيع	الكرنب – الكرنب الصينى – الكرات			
أكثر من ٦ أسابيع	الجزر – بنجر المائدة – اللفت – الطرطوفة – البصل – الثوم	البطاطس (للاستهلاك الطازج)	البطاطس (للتصنيع)	البطاطا – القلقاس – القرع العسلى

ويبين جدول (٢١-١١) درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لتخزين مختلف محاصيل الخضر.

جدول (٢١-١١): درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لتخزين محاصيل الخضر، وفترة التخزين التى تظل خلالها الخضر بحالة جيدة تحت هذه الظروف.

الخضر	الظروف المناسبة للتخزين: درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	فترة التخزين
الخرشوف	صفر	٩٥	٢-٤ أسابيع

الطرطوفة	صفر	٩٠–٩٥	٢–٥ شهور

تابع جدول (٢١-١١).

الخضر	الظروف المناسبة للتخزين		فترة التخزين
	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	
الأسبرجس	صفر–٢	٩٥	٢–٣ اسابيع
فاصوليا الليما	صفر–٤	٩٠	١–٢ أسبوع
الفاصوليا الخضراء	٤–٧	٩٠–٩٥	٧–١٠ أيام
البنجر (بالأوراق)	صفر	٩٥	١٠–١٤ يومًا
البنجر (بدون أوراق)	صفر	٩٥	٣–٥ شهور
البروكولى	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
كرنب بروكسل	صفر	٩٠–٩٥	٣–٥ أسابيع
الكرنب	صفر	٩٠–٩٥	٣–٦ أسابيع
الكرنب الصينى	صفر	٩٠–٩٥	١–٢ شهر
الجزر (بدون أوراق)	صفر	٩٠–٩٥	٤–٥ شهور
القنبيط	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ أسابيع
الكرفس	صفر	٩٠–٩٥	٢–٣ شهور
الكولارد	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
الذرة السكرية	صفر	٩٠–٩٥	٤–٨ أيام
الخيار	٧–١٠	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
الباذنجان	٧–١٠	٩٠	أسبوع واحد
الهندباء	صفر	٩٠–٩٥	٢–٣ أسابيع
الثوم	صفر	٦٥–٧٠	٦–٧ شهور
فجل الحصان	–١ إلى صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٢ شهرًا
الكيل	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
كرنب أبو ركبة	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ أسابيع
الكرات أبو شوشة	صفر	٩٠–٩٥	١–٣ شهور
الخس	صفر	٩٥	٢–٣ أسابيع
القاوون			

الشبكى ($^3/_4$ انفصال)	٢–٤	٨٥–٩٠	١٥ يومًا
الشبكى (انفصال كامل)	صفر–٢	٨٥–٩٠	٥–١٤ يومًا
الكاسابا	٧–١٠	٨٥–٩٠	٤–٦ أسابيع

تابع جدول (٢١–١١).

الخضر	الظروف المناسبة للتخزين		
	درجة الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)	فترة التخزين
شهد العسل	٧–١٠	٨٥–٩٠	٣–٤ أسابيع
الفارسى	٧–١٠	٨٥–٩٠	أسبوعان
البطيخ	٤–١٠	٨٠–٨٥	٢–٣ أسابيع
عيش الغراب	صفر	٩٠	٣–٤ أيام
البامية	٧–١٠	٩٠–٩٥	٧–١٠ أيام
البصل (الرؤوس)	صفر	٦٥–٧٠	١–٨ شهور
البصل الأخضر	صفر	٩٠–٩٥	—
البقدونس	صفر	٩٠–٩٥	١–٢ شهر
الجزر الأبيض	صفر	٩٠–٩٥	٢–٦ شهور
البسلة الخضراء	صفر	٩٠–٩٥	١–٣ أسابيع
الفلفل الأخضر	٧–١٠	٩٠–٩٥	٢–٣ أسابيع
الفلفل الأحمر	٤–٧	٩٠–٩٥	أسبوع واحد
البطاطس	٤	٩٠	٤–٥ شهور
القرع العسلى	١٠–١٣	٧٠–٧٥	٢–٣ شهور
الفجل	صفر	٩٠–٩٥	٣–٤ أسابيع
الروبارب	صفر	٩٥	٢–٤ أسابيع
الروتاباجا	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ شهور
السلسفيل	صفر	٩٠–٩٥	٢–٤ شهور
السبانخ	صفر	٩٠–٩٥	١٠–١٤ يومًا
الكوسة	٧–١٠	٩٠	٥–١٤ يومًا
قرع الشتاء	١٠–١٣	٥٠–٧٥	١–٦ شهور حسب الصنف

البطاطا	١٣–١٦	٨٥–٩٠	٤–٦ شهور
طماطم خضراء مكتملة التكوين	١٣–٢١	٨٥–٩٠	١–٣ أسابيع
طماطم حمراء	٧–١٠	٨٥–٩٠	٤–٧ أيام
اللفت	صفر	٩٠–٩٥	٤–٥ شهور
الكرسون المائى	صفر–٢	٩٠–٩٥	٣–٤ أيام

لقد كان المتبع فى الماضى هو الاعتماد على التنفس الطبيعى للخضر فى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون وخفض نسبة الأكسجين، مع تنظيم مكونات هواء المخزن بعد ذلك بالتحكم فى التهوية. ويسمى ذلك بـ "التخزين فى الجو المعدل" Modified Atmosphere (MA)، لكن المتبع الآن — غالبًا — هو التحكم التام فى نسب الغازات الموجودة بالمخازن بخلطها بالخارج آليًّا، بالنسبة المرغوبة، ثم دفعها إلى الداخل بانتظام. ويسمى ذلك بـ "التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته" Controlled Atmosphere (CA). ويراعى فى كلتا الطريقتين عدم خلو المخزن تمامًا من الأكسجين لأية فترة، وإلا حدث تنفس لا هوائى، وتكونت مركبات غير مقبولة الطعم نتيجة لذلك. ولا تخفى أهمية أن تكون المخازن ذات الجو المعدل محكمة الإغلاق تمامًا؛ بحيث لا تتسرب منها الغازات.

عادة ما يستعمل عند التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته تركيزًا من الأكسجين يقل عن ٨٪ (مقارنة بتركيز ٢١٪ فى الهواء العادى)، وتركيزًا من ثانى أكسيد الكربون يزيد على ١٪ (مقارنة بتركيز ٠,٠٣٪ فى الهواء العادى)، ويكون الباقى نيتروجينًا (مقارنة بنحو ٧٨٪ فى الهواء العادى)، كما قد يضاف غاز أول أكسيد الكربون — كذلك — بنسبة ٢٪–٣٪، وخاصة أثناء شحن الخس؛ لمنع تغيرات اللون البنى فى الأوراق، ولذلك محاذيره.

وللتخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته أهميته بالنسبة لكل من الحاصلات السريعة التلف، وتلك التى تكمل نضجها بعد الحصاد.

وبرغم نجاح التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته فى عديد من

الحاصلات. إلا أن البعض منها يتأثر بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى جو المخزن، وتظهر بعض العيوب الفسيولوجية بها، وهو الأمر الذى لا يحدث إلاّ فى الأنسجة النباتية الخالية من الكلوروفيل. فمثلاً .. تحدث أضرار بالقنبيط فى جو به ٥٪ CO_2، و ٢٪ O_2، بينما يظل البروكولى بحالة جيدة فى جو به ١٠٪ CO_2، و ٠,٢٥٪ O_2. كما يتأثر خس الرؤوس ذو الأوراق السهلة التقصف بجو معدل به ٢٪ CO_2، بينما يتحمل الخس الرومين ذو الأوراق الخضراء نسبة CO_2 تصل إلى ١٢٪ (Isenberg ١٩٧٩).

ويعتقد بصورة عامة أن خفض تركيز الأكسجين (فى صورة CA أو MA) يخفض معدل التنفس بمقدار ٥٠٪ فى حرارة ٢٠-٢٥ °م، وبمقدار ٧٤٪ فى الحرارة المنخفضة التى يتحملها المنتج.

التخزين فى الجو المعدل

إن الجو المعدل modified atmosphere (اختصارًا: MA) هو الجو الذى ينخفض فيه تركيز الأكسجين عن التركيز الطبيعى (٢١٪)، ويزيد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون عن التركيز الطبيعى (٠,٠٣٪)، ولكن لا يتم التحكم فى نسب الغازين بصورة دقيقة كما فى حالة الجو المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصارًا: CA).

ويتم توفير الجو المعدل بعدة وسائل، وأكثرها شيوعًا التعبئة فى عبوات من أغشية خاصة تسمح بنقص تركيز الأكسجين فى هواء العبوة — تدريجيًا — إلى المستوى المناسب، فى الوقت الذى يزيد فيه — تدريجيًا كذلك — تركيز ثانى أكسيد الكربون فى هواء العبوة إلى المستوى المناسب، وتعرف تلك العبوات باسم "عبوات الجو المعدل" modified atmosphere packages (اختصارًا: MAP).

إن تعبئة الخضر والفاكهة الطازجة فى عبوات الجو المعدل يعنى بها وضع المنتجات النشطة فى التنفس داخل عبوات من أغشية بوليمرية polymeric films مع لحامها لكى يصبح الهواء داخل العبوة معدلاً مع تنفس المنتج بداخلها؛ حيث ينخفض تركيز الأكسجين،

ويزاداد فى الوقت ذاته تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ فينخفض بذلك أيض المنتج وما قد يوجد به من مسببات مرضية؛ فتزداد فترة تحمله للتخزين. وإلى جانب ذلك التأثير للـ MAP فإنها تعمل على تحسين المحافظة على رطوبة المنتج، التى قد يكون لها تأثير أكبر على حفظ جودته عن تأثير الهواء المعدل. هذا إلى جانب أن العبوات تعزل المنتج عن الجو الخارجى؛ بما يمنع تعرضه لأى ملوثات مرضية خارجية (Mir & Beaudry ٢٠٠٤).

وتستعمل لذلك أغشية رقيقة نسبيًّا (١٠ ميكرون) لتوفير حاجز أمام فقد بخار الماء دون التأثير فى انتشار أى من الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون أو الإثيلين.

مزايا وعيوب التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

المزايا

يحقق التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته – عندما يكون تركيز غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى المجال المناسب للمحصول – المزايا التالية:

١- تأخير الوصول إلى الشيخوخة (اكتمال النضج) وما يتصل بها من تغيرات حيوية وفسيولوجية؛ مثل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وفقد الصلابة، والمحتوى الكيميائى.

٢- خفض حساسية الثمار لفعل الإثيلين عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٨٪، أو يزيد تركيز ثانى أكسيد الكربون على ١٪، ويكون ذلك التأثير جمعيًّا additive. ولكن يلزم التخلص من غاز الإثيلين المتراكم عندما تمتد فترة التخزين لعدة شهور.

ويكون تأثير الـ CA والـ MA فى تأخير النضج أو منعه أعلى فى الحرارة العالية؛ الأمر الذى يكون له أهمية خاصة مع الثمار الحساسة لأضرار البرودة، مثل الطماطم والكنتالوب.

٣- خفض معدل التنفس طالما بقيت نسبتا الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الحدود التى يتحملها المحصول. ويؤدى انخفاض معدل التنفس بالإضافة إلى انخفاض معدل إنتاج الإثيلين، وانخفاض الحساسية لفعل الإثيلين إلى تأخير الشيخوخة؛ الأمر الذى يتبدى فى المحافظة على الكلوروفيل (اللون الأخضر)، والقوام (قلة اللجننة)،

والصفات الأكلية، وذلك بالنسبة للخضر غير الثمرية.

٤- تجنب الإصابة ببعض العيوب الفسيولوجية؛ مثل أضرار البرودة فى الزبدية وبعض الخضر، والتبقع الصدئ فى الخس.

٥- يفيد الجو المتحكم فى مكوناته بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى تقليل الإصابة بالأعفان؛ فمثلاً .. يثبط التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون (١٠٪-١٥٪) من عفن بوتريتس فى الفراولة والمنتجات الأخرى.

٦- يمكن أن يكون المستوى المنخفض من الأكسجين (الأقل من ١٪) والمرتفع من ثانى أكسيد الكربون (٤٠٪-٦٠٪) مفيدًا فى مكافحة الحشرات فى بعض المنتجات الطازجة والجافة من الثمار، والأزهار، والخضر، والنقل، والحبوب (Kader ٢٠٠٤).

٧- يحقق توفير غاز أول أكسيد الكربون فى هواء المخازن المزايا التالية:

أ- يمنع الغاز تغيرات اللون التى تحدث فى الخس وغيره من الخضر أثناء التخزين عندما يتواجد بتركيز ١٪-٥٪، ويختفى هذا التأثير بمجرد إخراج المنتج من الجو المعدل.

ب- يمنع الغاز (عند تواجده بنسبة ٥٪-١٠٪) نمو كثير من الكائنات الدقيقة المسببة للعفن، وتزداد فاعلية أول أكسيد الكربون فى هذا الشأن عندما ينخفض تركيز الأكسجين عن ٥٪.

جـ- قد يفيد تواجد أول أكسيد الكربون — مع النسب العالية من ثانى أكسيد الكربون والمنخفضة من الأكسجين — فى مكافحة الحشرات التى تصيب الخضر المخزنة.

العيوب

غالبًا ما يكون الفرق بين التركيزات المفيدة والتركيزات الضارة من مختلف الغازات قليلاً؛ كما أن التركيزات اللازمة لمكافحة الأعفان أو الحشرات قد لا يتحملها المحصول المخزن، وقد تزيد من معدل تدهوره.

ويبين جدول (٢١-١٢) ملخصًا بتوصيات تخزين محاصيل الخضر فى الجو المتحكم فى مكوناته.

جدول (٢١-١٢): ملخص بتوصيات الظروف المناسبة لتخزين محاصيل الخضر فى الجو المتحكم فى مكوناته[أ] (عن Kader وآخرين ١٩٨٥).

المحصول	الحرارة (°م)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	الأكسجين (٪)	الأهمية النسبية للتخزين وملاحظات
الخرشوف	صفر-٥	٢-٣	٣-٥	الطريقة جيدة، ولكنها غير متبعة تجاريًا
الأسبرجس	صفر-٥	الهواء	٥-١٠	الطريقة جيدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًا

تابع جدول (٢١-١٢).

المحصول	الحرارة (°م)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	الأكسجين (٪)	الأهمية النسبية للتخزين وملاحظات
الفاصوليا الخضراء	٥-١٠	٢-٣	٥-١٠	الطريقة متوسطة الفائدة، وخاصة لمصانع الحفظ
البنجر	صفر-٥	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر. تفضل رطوبة نسبية ٩٨-١٠٠٪
البروكولى	صفر-٥	١-٢	٥-١٠	الطريقة جيدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًا
كرنب بروكسل	صفر-٥	١-٢	٥-٧	الطريقة جيدة، ولكنها غير متبعة تجاريًا
الكرنب	صفر-٥	٣-٥	٥-٧	الطريقة جيدة، وتستعمل تجاريًا أحيانًا
القاوون	٣-٧	٣-٥	١٠-١٥	الطريقة جيدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًا
الجزر	صفر-٥	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر. تفضل رطوبة نسبية ٩٨-١٠٠٪
القنبيط	صفر-٥	٢-٥	٢-٥	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير متبعة تجاريًا
الكرفس	صفر-٥	٢-٤	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، وقليلة الاستعمال تجاريًا

الذرة السكرية	صفر–٥	٢–٤	١٠–٢٠	الطريقة جيدة، ولكنها محدودة الاستعمال تجاريًا
الخيار	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير متبعة تجاريًا
شهد العسل	١٠–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير متبعة تجاريًا
الكرات أبو شوشة	صفر–٥	١–٢	٣–٥	الطريقة جيدة، ولكنها غير متبعة تجاريًا
الخس	صفر–٥	٢–٥	صفر	الطريقة جيدة، وتتبع تجاريًا أحيانًا مع إضافة أول أكسيد الكربون بنسبة ٢–٣٪

تابع جدول (٢١–١٢).

المحصول	الحرارة (°م)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	الأكسجين (٪)	الأهمية النسبية للتخزين وملاحظات
عيش الغراب	صفر–٥	الهواء	١٠–١٥	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكن استعمالها محدود تجاريًا
البامية	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها غير مستعملة تجاريًا تفيد إضافة أول أكسيد الكربون بنسبة ٥–١٠٪ فى حرارة ٥–٨°م
البصل الرؤوس	صفر–٥	١–٢	صفر	الطريقة جيدة، ولكنها غير مستعملة تجاريًا، وتكون الرطوبة النسبية ٧٥٪.
البصل الأخضر	صفر–٥	١–٢	١٠–٢٠	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها محدودة الاستعمال تجاريًا
الفلفل الأخضر الحريف	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها قليلة الاستعمال تجاريًا
البطاطس	٤–١٢	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر، ولا تستعمل تجاريًا
الفجل	صفر–٥	لا يوجد	لا يوجد	ليس لها أهمية تذكر، وتفضل رطوبة

				نسبية من ٩٨–١٠٠٪
السبانخ	صفر–٥	الهواء	١٠–٢٠	الطريقة متوسطة الفائدة، ولكنها لا تتبع تجاريًا
الطماطم:				
المكتملة النمو الخضراء	١٢–٢٠	٣–٥	صفر	الطريقة جيدة، وتستعمل تجاريًا على نطاق محدود
الناضجة جزئيًا	٨–١٢	٣–٥	صفر	الطريقة جيدة، وتستعمل تجاريًا على نطاق محدود

(أ) تتراوح الرطوبة النسبية المناسبة بين ٩٠٪ و ٩٥٪، إلا إذا ذكر خلاف ذلك تحت الملاحظات.

تداول وتخزين الخضر المجهزة للمستهلك

بمجرد موت الخلايا المكونة لأنسجة المنتجات البستانية بسبب العمليات التصنيعية — مثل التعليب، أو التجميد، أو التجفيف، أو التجفيد — فإن دراستها تنتقل — تلقائيًا — إلى المهتمين بعلوم الصناعات الغذائية والتغذية. ولكن عندما تدخل المنتجات — بعد حصادها — فى عمليات تصنيعية بسيطة لا تموت بسببها الخلايا المكونة لأنسجتها، فإنها تظل ضمن اهتمامات دارسى البساتين. فمثل هذه المنتجات تكون أكثر عرضة للتدهور، وتستمر فيها التحولات الحيوية بمعدلات أعلى من نظيرتها من المنتجات غير المصنعة جزئيًا؛ الأمر الذى يجعلها أكثر احتياجًا إلى الحرص الشديد فى عمليات تداولها وتخزينها.

والمنتجات المصنعة جزئيًا partially processed produce، هى تلك التى تجرى لها عمليات تصنيعية معينة لا تؤدى إلى موت خلاياها (حيث تبقى فى حالة طازجة)؛ وذلك بهدف توفير وقت المستهلك؛ فلا يبذل وقتًا أو جهدًا فى عمليات التقطيع إلى أجزاء cutting أو إلى شرائح slicing، أو البشر shredding، أو التقشير peeling، أو إزالة الأجزاء غير المرغوب فيها trimming، أو إزالة القلب (التقوير) coring ... إلخ.

وتعرف هذه المنتجات بمسميات أخرى؛ منها: المصنّعة قليلاً lightly processed، و minimally processed، والمصنّعة الطازجة fresh processed، والسابقة التقطيع -pre

cut، والسـابقة الإعـداد preprepared، والمعـدة بـالتقطيع cut prepared، والمقطعـة الطازجة fresh-cut.

منتجات الخضر المجهزة للمستهلك

إن من أهم منتجات الخضر التى تصنع جزئيًّا، ما يلى (عن Schlimme ١٩٩٥):

المحصول	المنتجات
البنجر	مقشرة، ومبشورة، ومقطعة إلى أجزاء، ومقطعة إلى شرائح
البروكولى	نورات صغيرة فردية بحاملها أو بدون حامل
الجزر	شـرائح مقشـرة، وعيـدان مقشـرة، ومقطعـة إلى أجـزاء صـغيرة، ومبشورة، وجزر "بيبى"
الكرفس	أعناق أوراق كاملة، ومقطعة إلى أجزاء صغيرة أو إلى شرائح.
الخيار	شرائح ملساء أو متعرجة
الخس	منظفة ومُزال منها السـاق الداخليـة، ومقطعـة إلى قصاصـات طويلـة chopped.
البصل	مقطعة إلى شرائح، أو حلقات، أو إلى أجزاء صغيرة.
السبانخ	منظفة ومُزال منها الأجزاء الزائدة من الأوراق المفردة.
الطماطم	مقطعة إلى شرائح، أو إلى أجزاء صغيرة.
خضر مخلوطة للسلاطة	مجموعة كبيرة من الخضر المقطعة مسبقًا.

يتطلب تجهيز تلك المنتجات وتداولها الإلمام بعلمى تكنولوجيـا الأغذيـة وفسـيولوجيا ما بعد الحصاد.

كما يتطلب الأمر تطبيق الممارسـات الزراعيـة الجيـدة (الجـاب GAP)، والممارسـات التصـنيعية الجيـدة (الــ GMP)، والهاسـب (HACCP) خـلال كـل مراحـل الإنتـاج والتصنيع، مع الـتحكم الحـرارى المناسـب لتـأمين انخفـاض أعـداد الميكروبـات بـالمنتج المجهز منذ البداية ولحين وصوله إلى المسـتهلك. هـذا مـع العلـم بـأن وسـائل التنظيـف

والتطهير المتبعة مع المنتجات غير المجهزة لا تجدى مع المنتجات المجهزة إذا ما حدث فيها تلوث بميكروبات ممرضة.

يلاحظ أن الخضر والفاكهة المجهزة جزئيًّا تكون مكتملة النضج، بما يعنى أنها تكون أكثر تحملاً للحرارة المنخفضة وأقل حساسية لأضرار البرودة عن غيرها الأقل نضجًا، كما أنها تُستهلك – عادة – سريعًا بما يسمح ببقائها فى تلك الحرارة المنخفضة دون أن تظهر عليها أضرار البرودة قبل استعمالها، فضلاً عن أن الحرارة المنخفضة تقلل من فرصة زيادة النمو الميكروبى بها.

ويفضل – دائمًا – استعمال أفضل نوعية من منتجات الخضر والفاكهة لأجل تجهيزها للمستهلك. وعلى الرغم من أنه يمكن النزول بالنوعية إلى درجة أقل مع استبعاد الأجزاء غير المرغوب فيها عند التجهيز، إلا أن ذلك يزيد من تكلفة التجهيز إلى درجة غير اقتصادية، فضلاً عن احتمال عدم ملاحظة القائمين بالعمل لبعض الأجزاء التى يتعين التخلص منها، مع ما يستتبع ذلك من انخفاض فى النوعية (Barth وآخرون – الإنترنت – ٢٠٠٧).

التغيرات الحيوية التى تحدث فى المنتجات المصنعة جزئياً

إن من أبرز التغيرات الحيوية التى تحدث فى الخضر المجهزة للمستهلك، ما يلى:

١– زيادة معدل إنتاجها للإثيلين.

٢– تدهور الأغشية الخلوية.

٣– زيادة معدل التنفس.

٤– التلون البنى بالأكسدة والتلون البنى الإنزيمى.

٥– التئام الجروح بإنتاج السيوبرين واللجنين ثم ترسيبهما فى الجدر الخلوية.

٦– تمثيل مركبات أيضية ثانوية.

ويُعد التلوث الميكروبى أهم مشاكل المنتجات المصنعة جزئيًّا؛ الأمر الذى يتطلب إجراءات نظافة صارمة.

ومن بين وسائل تحسين جودة المنتجات المجهزة للمستهلك، ما يلى:

١- استعمال شفرات حادة فى التقطيع.

٢- تعريض المنتجات لمعاملة حرارية.

٣- الغمر ف محاليل الكالسيوم.

٤- المعاملة بمركبات أخرى مثبطة للتلون البنى، مثل حامض الستريك والأسكوربيك وأحماض أخرى عضوية ومركبات مخلبية مثل الـ EDTA والمثبطات الإنزيمية، وغاز الأرجون.

٥- التخزين فى الجو المعدل أو الجو المتحكم فى مكوناته.

ولقد وجد إن معاملة الخس المقطع المجهز للمستهلك بحامض الأسكوربيك تثبط نشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز، ومن ثم حدَّت المعاملة من ظاهرة التلون البنى، بينما لم تكن هذه المعاملة فعالة بالنسبة للجرجير الذى يبدو أن محتواه الطبيعى العالى من حامض الأسكوربيك يقوم بهذه المهمة (Landi وآخرون ٢٠١٣).

كما أمكن زيادة فترة صلاحية الفلفل المقطع — المجهز للمستهلك — بالمعاملة بالأرجون argon (Meng وآخرون ٢٠١٢).

الظروف المناسبة لتخزين الخضر المجهزة للمستهلك

نقدم فى جدول (٢١-١٣) موجزًا بتوصيات الظروف المناسبة لتخزين الخضر المجهزة للمستهلك.

جدول (٢١-١٣): ملخص بتوصيات الـ CA والـ MA لبعض الخضر والفاكهة المجهزة للمستهلك (عن Gorny ٢٠٠١).

المنتج	الحرارة (°م)	الجو: الأكجسين (٪)	الجو: ثانى أكسيد الكربون (٪)	الكفاءة
بنجر مقشر أو مكعبات أو مبشور	صفر-٥	٥	٥	متوسطة

زهيرات بروكولى	صفر-٥	٢-٣	٦-٧	جيدة
كرنب ممزق	صفر-٥	٥,٠-٧,٥	١٥	جيدة
كرنب صينى ممزق	صفر-٥	٥	٥	متوسطة
جزر شرائح أو عصى	صفر-٥	٢-٥	١٥-٢٠	جيدة
كرات شرائح	صفر-٥	٥	٥	متوسطة
خس دهنى مقطع	صفر-٥	١-٣	٥-١٠	متوسطة
خس ورقى أخضر مقطع	صفر-٥	٠,٥-٣,٠	٥-١٠	جيدة
خس آيس برج مقطع أو ممزق	صفر-٥	٠,٥-٣,٠	١٠-١٥	جيدة
خس ورقي أحمر مقطع	صفر-٥	٠,٥-٣,٠	٥-١٠	جيدة

تابع جدول (٢١-١٣).

المنتج	الجو			الكفاءة
	الحرارة (°م)	الأكجسين (٪)	ثانى أكسيد الكربون (٪)	
خس رومين مقطع	صفر-٥	٠,٥-٣,٠	٥-١٠	جيدة
عيش غراب شرائح	صفر-٥	٣	١٠	لا يوصى بها
بصل شرائح ومكعبات	صفر-٥	٢-٥	١٠-١٥	جيدة
فلفل مكعبات صغيرة	صفر-٥	٣	٥-١٠	متوسطة
بطاطس شرائح أو مقشرة	صفر-٥	١-٣	٦-٩	جيدة
قرع عسلى مكعبات	صفر-٥	٢	١٥	متوسطة
روتاباجا شرائح	صفر-٥	٥	٥	متوسطة
سبانخ منظفة	صفر-٥	٠,٨-٣,٠	٨-١٠	متوسطة
طماطم شرائح	صفر-٥	٣	٣	متوسطة
كوسة زوكينى شرائح	٥	٠,٢٥-١,٠	---	متوسطة
تفاح شرائح	صفر-٥	< ١	٤-١٢	متوسطة
كنتالوب مكعبات	صفر-٥	٣-٥	٦-١٥	جيدة
جريب فروت شرائح	صفر-٥	١٤-٢١	٧-١٠	متوسطة
شهد العسل مكعبات	صفر-٥	٢	١٠	جيدة

كيوى شرائح	صفر-٥	٢-٤	٥-١٠	جيدة
مانجو مكعبات	صفر-٥	٢-٤	١٠	جيدة
برتقال شرائح	صفر-٥	١٤-٢١	٧-١٠	متوسطة
خوخ شرائح	صفر	١-٢	٥-١٢	ضعيفة
كمثرى شرائح	صفر-٥	٠,٥	١٠ >	ضعيفة
كاكى شرائح	صفر-٥	٢	١٢	ضعيفة
رمان مفصص	صفر-٥	—	١٥-٢٠	جيدة
فراولة شرائح	صفر-٥	١-٢	٥-١٠	جيدة
بطيخ مكعبات	صفر-٥	٣-٥	١٠	جيدة

مصادر الكتاب

الإدارة العامة للتدريب – وزارة الزراعة – جمهورية مصر العربية (١٩٧٣). من البرامج التدريبية : حاصلات الخضر والنباتات الطبية والعطرية. الجزء التاسع. القاهرة – ٣٣٦ صفحة.

الإدارة العامة للتدريب – وزارة الزراعة – جمهورية مصر العربية (١٩٨٣). إنتاج الخضر وتسويقها. القاهرة – ٤٢٢ صفحة.

استينو، كمال رمزى، وعز الدين فراج، ومحمد عبدالمقصود محمد، ووريد عبدالبر وريد، وأحمد عبدالمجيد رضوان، وعبدالرحمن قطب جعفر (١٩٦٣). إنتاج الخضر. مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة – ١٣١٠ صفحة.

الأسعد، محمد، ووليد أبو غريبة (١٩٨٦). تأثير الطاقة الشمسية والأغطية البلاستيكية فى مكافحة فطور ونيماتودا التربة فى وادى الأردن الأوسط. مجلة وقاية النبات العربية، مجلد ٤ : ٤٨–٤٩.

بكمان، هارى، ونبيل برادى (١٩٦٠). طبيعة الأراضى وخواصها. ترجمة أمين عبدالبر، وأحمد جمال عبدالسميع، وعبدالحليم الدماطى. مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة – ٧٠١ صفحة.

بوراس، متيادى (١٩٨٥). خضار خاص: الزراعة المحمية، الجزء النظرى. جامعة دمشق –دمشق – ٣٢٢ صفحة.

حبيب، إبراهيم محمد، وسمير عبدالوهاب أبو الروس، والشربينى عبدالرحمن أبو الحسن (١٩٩٣). الزراعات المحمية. التعليم المفتوح – جامعة القاهرة – ٤٣٨ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٨). الطماطم: تكنولوجيا الإنتاج والفسيولوجى والممارسات الزراعية والحصاد والتخزين. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٤٩٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٩). إنتاج البطاطس. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٤٤٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٠). إنتاج البصل والثوم – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٣٧١ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠١). القرعيات — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٩٨ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٢أ). إنتاج الخضر البقولية — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٢٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٢ب). إنتاج الفراولة — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٨٨ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣أ). إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٠٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣ب). إنتاج الخضر الخيمية والعليقية — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣١٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣جـ). إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٢٧ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الثالث — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٢٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٠أ). الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر: البدائل العلمية والعملية المتكاملة — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٧٨٣ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٠ب). تداول الحاصلات البستانية: تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد الحصاد — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٥٤٨ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١١أ). تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٥٢ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١١ب). تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٦٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١١جـ). أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها — الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٩٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٢). أصول الزراعة المحمية – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٨٣٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٦أ). الأهمية الغذائية والصحية للخضر – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – تحت الطبع.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٦ب). تسميد محاصيل الخضر – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – تحت الطبع.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٦جـ). الحلول التكنولوجية لتحديات ومعوقات إنتاج الخضر – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – تحت الطبع.

جانيك، جوليوس (١٩٨٥). علم البساتين. ترجمة: جميل فهيم سوريال وآخرين. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٦٥٩ صفحة.

جريبين، جون (١٩٩٢). ظاهرة الصوبة: تزايد دفء الغلاف الجوى للكرة الأرضية. ترجمة: أحمد مستجير. الهيئة المصرية العامة للكتاب – القاهرة – ٣١٣ صفحة.

جمعية فلاحة البساتين المصرية (١٩٧٤). منظمات النمو. المركز القومى للإعلام والتوثيق – القاهرة – ١٩١ صفحة.

عبدالحميد، أحمد فوزى (١٩٩١). دور العناصر الصغرى فى زيادة إنتاج المحاصيل الحقلية والبستانية فى مصر. فى: محمد مصطفى الفولى (محرر) "وقائع الندوة السورية المصرية للعناصر الصغرى فى التربة والنبات: ٩–١٣ يونيو ١٩٩٠ – دمشق – الجمهورية السورية" صفحات: ٤٧–٥٦. مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر – المركز القومى للبحوث – القاهرة.

عبدالجواد، عبدالعظيم أحمد، ونعمت عبدالعزيز نور الدين، وطاهر بهجت فايد (١٩٨٩). مقدمة فى علم المحاصيل: أساسيات الإنتاج – الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة ٣٥٥ صفحة.

عبدالعال، أحمد فاروق (١٩٧٧). أساسيات بساتين الفاكهة – دار المعارف – القاهرة – ٤٤٨ صفحة.

عبدالقادر، عادل (١٩٨٦). مشاكل ما بعد الحصاد، ومواجهة ارتفاع نسبة الفاقد فى المحاصيل البستانية. الزراعة والتنمية فى الوطن العربى. العدد الثالث والرابع — السنة الخامسة — صفحات: ٣٨-٤٤.

عرفة، إمام عرفة، وجاد الرب محمد سلامة، ومنى عبدالونيس محمد (٢٠٠٠). تطعيم نباتات الخضر. مشروع تطوير النظم الزراعية — معهد بحوث البساتين — مركز البحوث الزراعية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — ٢٤ صفحة.

عثمان، إبراهيم (١٩٣٥). تاريخ فلاحة البساتين بمصر. مطبعة دار الكتب المصرية — القاهرة — ٤٦ صفحة.

على، ساجد عودة محمد (١٩٧٧). دراسات على مواعيد ومسافات الزراعة، والتغطية البلاستيكية للخيار "*Cucumis sativus* L." صنف بيت ألفا فى المنطقة الوسطى من العراق. رسالة ماجستير — كلية الزراعة — جامعة بغداد — ١٣٠ صفحة.

مرسى، مصطفى على، وأحمد إبراهيم المربع، وعاصم بسيونى جمعة (١٩٥٩). نباتات الخضر — الجزء الأول: أساسيات إنتاج نباتات الخضر — مكتبة الأنجلو المصرية — القاهرة — ٥٠٠ صفحة.

مرسى، مصطفى على، ومحمد كمال الهباشة، ونعمت عبدالعزيز نور الدين (١٩٧٣). البصل — مكتبة الأنجلو المصرية — ٣١٩ صفحة.

النبوى، صلاح الدين محمود، ويوسف أمين والى، وأحمد فريد السهريجى، وعادل سعد الدين عبدالقادر، وأحمد أحمد جويلى، ويحيى محمد حسن (١٩٧٠). الحاصلات البستانية. إعدادها وإنضاجها وتخزينها وتصديرها. دار المعارف — القاهرة — ١٠٩٦ صفحة.

Abdel-Rahim, M. F., M. M. Satour, K. Y. Mickhail, S. A. El-Eraki, A. Grinstein, A. Chen, and J. Katan. 1988. Effectiveness of soil solarization in furrow-irrigated Egyptian soils. Plant Dis. 72: 143-146.

Abeles, F. B. 1973. Ethylene in plant biology, Academic Pr., N. Y. 302 p.

Abdallah, M. M. F. 1998. Improving vegetable transplants using soil

solarization. II. Onion '*Allium cepa*', Ann. Agr. Sci. Special Issue. 3: 831-843.

Abdul-Baki, A. A. and J. R. Teasdale. 1997. Snap bean production in conventional tillage and in no-till hairy vetch mulch. HortScience 32(7): 1191-1193.

Abdul-Baki, A. A., J. R. Teasdale, R. Korcak, D. J. Chitwood, and R. N. Huettel. 1996. Fresh-market tomato production in low-input alternative system using cover-crop mulch. HortScience 31(1): 65-69.

Abdul-Baki, A. A., J. R. Stommel, A. E. Watada, J. R. Teasdale, and R. D. Morse. 1996a. Hairy vetch mulch favorably impacts yield of processing tomatoes. HortScience 31(3): 338-340.

Adamczewska-Sowinska, K., E. Kolota, and S. Winiarska. 2009. Living mulches in field cultivation of vegetables. Veg. Crops Res. Bul. 70: 19-29.

Adams, S. R. and F. A. Langton. 2005. Photoperiod and plant growth: a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80(1): 2-10.

Adriance, G. W. and F. R. Brison. 1955. Propagation of horticultural plants. McGraw-Hill Book Co., Inc., N. Y. 298 p.

Afzal, I. et al. 2009. Changes in antioxidant enzymes, germination capacity and vigour of tomato seeds in response of priming with polyamines. Seed Sci. Technol. 37(3): 765-770.

Ahmed, A. K., G. C. Cresswell, and A. M. Haigh. 2000. Comparison of sub-irrigation and overhead irrigational of tomato and lettuce seedlings. J. Hort. Sci. Biotech. 75(3): 350-354.

Akande, M. O., J. A. Adediran, and F. I. Oluwatoyinbo. 2005. Effects of rock phosphate amended wih poultry manure on soil available P and yield of maize and cowpea. African J. Biotechnol. 4(5): 444-448.

Akers, S. W., G. A. Brekowitz, and J. Rabin. 1987. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. HortScience 22: 250-252.

Aljibury, F. K., J. L. Meyer, and W. E. Wildman. 1982. Managing compacted and layered soils. University of California, Division of Agricultural Science, Leaflet No. 2635, 4 p.

Al-Kaisi, M. M. and I. Broner. 2005. Crop water use and growth stages. Colorado State University Extension – Agriculture. 5 p. The Internet.

Allison, L. E. 1964. Salinity in relation to irrigation. Adv. Agron. 16: 139-180.

Al-Masoum, A. A. 1982. Plant and root growth of peppers (*Capsicum annuum* L.) under various mulches at high temperatures. M.S. Thesis, The University of Arizona. 58 p.

Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, Y. Riov, M. Huberman, and R. Goren. 1994. The susceptibility of pepper (*Capsicum annuum*) to heat induced flower abscission: Possible involvement of ethylene. J. Hort. Sci. 69(5): 923-928.

Aloni, B. et al. 2008. Physiological and biochemical changes at the rootstock-scion interface in graft combination between *Cucurbita* rootstocks and a melon scion. J. Hort. Sci. Biotechnol. 83(6): 777-783.

Aloni, B., R. Cohen, L. Karni, H. Aktas, and M. Edelstein. 2010. Hormonal signaling in rootstock-scion interactions. Sci. Hort. 127: 119-126.

American Society for Horticultural Science. 1970. The nature, mechanisms and control of ripening. HortScience 5: 29-40.

Andino, J. R. and C. E. Motsenbocker. 2004. Colored plastic mulches influence cucumber beetle populations, vine growth and yield of watermelon. HortScience 39(6):1246-1249.

Archer, J. 1985. Crop Nutrition and fertilizer use. Farming Pr. Ltd., Suffolk, England. 258 p.

Argo, W. R. 1998. Root medium chemical properties. HorTechnology 8(4): 486-494.

Arméndariz, R., J. I. Macua, I. Lahoz, A. Santos, and S. Calvillo. 2007. The use of different plastic mulches on processing tomatoes. Acta Hort. 724.

Arnold, C. Y. 1974. Predicting stages of sweet corn (*Zea mays* L.) development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(6): 501-505.

Arthey, V. D. 1975. Quality of horticultural products. London. 228 p.

Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment – A shotgun

approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Adv. Agron. 88: 223-271.

Ashrafi, Z. Y., H. M. Alizadeh, and S. Sadeghi. 2008. Effect of soil solarization, a nonchemical method, on the control of Egyption broomrape (*Orobanche* aegyptiaca) and yield improvement in greenhouse grown cucumber. Amer. Amer. Eurs. J. Sust. Agr. 2(2): 109-116.

Avery, G. S., Jr., E. B. Johnsom, R. M. Addoms, and B. F. Thompson. 1947. Hormones and horticulture. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 326.

Avikainen, H., H. Koponen, and R. Tahvonen. 1993. The effect of disinfectants on fungal diseases of cucumber. Agricultural Science in Finland 2(2): 179-188. (c. a. Hort. Abstr. 65: 338; 1995).

AVRDC, Asian Vegetable Research and Development Center. Grafting promises year-round supply. Center point 17(2): 1-3.

Awang, Y. B., J. G. Atherton, and A. J. Taylor. 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. II. Fruit quality. J. Hort. Sci. 68(5): 791-795.

Aziz, F., K. A. Stewart, and S. Jenni. 2001. Early growth of muskmelon in mulched minitunnels containing a thermal water tube. I. Carbon dioxide concentrations in the tunnel. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(6): 757-763.

Bachmann, J. 2002. Specialty vegetables. ATTRA. The Internet.

Bailey, L. H. 1950. The standard cyclopedia of horticulture. The MacMillan Co., N. Y. 3 Vol.

Ball, V. (ed). 1985 (14^{th} Ed.). Ball red book: greenhouse growing. Reston Pub. Co., Reston, Virginia. 720 p.

Bajguz, A. and S. Hayat. 2009. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. Plant Physiol. Biochem. 47: 1-8.

Balba, A. M. 1995. Management of problem soils in arid ecosystems. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 250 p.

Banadyga, A. A. and J. C. Wells. 1962. Vegetable plant production for commercial growers. N. C. Agric. Ext. Serv., Ext. Circ. No. 231. 8 p.

Baron, J. J. and S. F. Gorski. 1986. Response of eggplant to a root environment enriched with CO_2. HortScience 21: 495-498.

Bartholic, J. F., M. D. Heilman, and B. M. Farris. 1970. Large volume generator of stable foam for freezer protection. HortScience 5: 486-488.

Bausher, M. G. 2013. Graft angle and its relationship to tomato plant survival. HortScience. 48(1): 34-36.

Bawden, F. C. 1964. Plant viruses and virus diseases. Ronald Pr., N. Y. 361 p.

Baxter, L., L. Waters, Jr. and W. Breene. 1987. A Quick method for determining fibrousness of vegetable tissue. HortScience 22: 315.

Ben-Asher, J. and M. Silberbush. 1992. Root distribution under trickle irrigation: factors affecting distribution and comparison among methods of determination. Journal of Plant Nutrition 15(6-7): 783-794.

Ben-Yehoshua, S. and V. Rodov. 2003. Transpiration and water stress, pp. 111-159. In: J. A. Bartz and J. K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., N. Y.

Berghage, R. 1998. Controlling height with temperature. HortTechnology 8(4): 535-539.

Bevacqua, R. F. and V. J. Mellano. 1993. Crop response to sewage sludge compost: a preliminary report. California Agriculture 47(3): 22-24.

Bhagsari, A. S. and D. A. Ashley. 1990. Relationship of photosynthesis and harvest index of sweet potato yield. J. Hort. Sci. 111: 288-293.

Bhella, H. S. 1988. Effect of trickle irrigation and black mulch on growth, yield, and mineral composition of watermelon. HortScience 23: 123-125.

Biai, C. J. et al. 2011. Height control in three pepper types treated with drench-applied abscisic acid. HortScience 46: 1265-1269.

Bible, B. B., R. L. Cuthbert, and R. L. Carolus. 1968. Response of some vegetable crops to atmospheric modifications under field conditions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 590-594.

Björkman, T. 1998. Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in transplants. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 67(6): 1121-1123.

Björkman, T. 1999. Dose and timing of brushing to control excessive hypocotyl elongation in cucumber transplants. HortTechnology 9(2): 224-226.

Black, L. L. et al. 2003. Grafting tomatoes for production in the hot-wet season. AVRDC pub. No. 03-551. 6 p. The Internet.

Blankenship, S. M. and J. M. Dole 2003. 1-Metlylcyclopropene: a review. Postharvest Biology and Technology 28: 1-25.

Bleasdale, J. K.A. 1973. Plant physiology in relation to horticulture. The MacMillan Pr., Ltd., London. 144 p.

Bleasdale, J. K. A. 1984 (2nd ed.). Plant physiology in relation to horticulture. MacMillan Pr., London. 143 p.

Bogle, C. R., T. K. Hartz, and C. Nunez. 1989. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic-mulched and bare soil for tomato production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 40-43.

Bolland, M. D. A., R. J. Gilkes, and M. F. D'Antuono. 1988. The effectiveness of rock phosphate fertilizers in Australian agriculture: a review. Aust. J. Exp. Agric. 28(5): 665-668.

Boodley, J. W. 1981. The commercial greenhouse book. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y. 568 p.

Boodley, J. W. and R. Sheldrake, Jr., 1973. Cornell peat-lite mixes for commercial plant growing. Cornell Univ., N. Y. State College of Agric. and Life Sciences, Information Bull. 43

Booher, L. J. 1974. Surface irrigation. FAO Agric. Dev. Paper No. 95. 160 p.

Bourbos, V. A. and E. A. Barbopoulou. 2005. Control of soilborne diseases in greenhouse cultivation of tomato with ozone and *Trichoderma* spp. Acta Hort. No. 698: 147-152.

Bourbos, V. A. and M. T. Skoudridakis. 1996. Soil solarization for the control of verticillium wilt of greenhouse tomato. Phytoparasitica 24(4): 277-280.

Boyhan, G. E. and D. M. Granberry (eds.). 2008. Commercial production of vegetable transplants. The Univ. Georgia College Agr. Env. Sci., Coop. Ext. Ser. The Internet.

Branson, R. L. 1983. Soluble salts, exchangeable sodium, and boron in soils. In: H. M. Reisenauer (ed.). "Soil Plant-Tessue Testing in California"; Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Bul. 1879. 55 p.

Branson, R. L. and M. Fireman. 1980. Gypsum and other chemical amendments for soil simprovement. University of California, Division of Agricultural Science. Leaflet No. 2149. 8 p.

Bravenboer, L. 1955. Soil disinfection with fumigants in glasshouse tomatoes. Report of the 14th Int. Hort. Cong., Netherlands: p. 641-646.

Brown, S. L. and J. E. Brown. 1992. Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips populations and damage to tomato. HortScience 2(2): 208-210.

Brown, D. R., D. J. Eakes, B. K. Behe, and C. H. Gilliam. 1992. Moisture stress: an alternative method for height control to B-nine (daminozide). J. Environmental Hort. 10(4): 232-235. (c. a. Hort. Abstr. 1993; 63: 5916).

Brown, J. E., W. D. Goff, T. M. Dangler, W. Hogue, and M. S. West. 1992. Plastic mulch color inconsistently affects yield and earliness of tomato. HortScience 27(10): 1135.

Brown, J. E., J. M. Dangler, F. M. Woods, K. M. Tilt, M. D. Henshaw, W. G. Griffey, and M. S. West. 1993. Delay in mosaic virus onset and aphid vector reduction in summer squash grown on reflective mulches. HortScience 28: 895-896.

Bubenzer, G. D. and G. G. Weis. 1974. Effect of wind erosion on production of snap beans and peas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 527-529.

Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1960. The nature and properties of soils. MacMillan, N. Y. 567 p.

Bucks, D. A., F. S. Nakayama, and A. W. Warrick. 1982. Principles, practices and potentialities of trickle (drip) irrigation. Adv. Irrigation 1: 219-298.

Burger, K.. H. 1993. Hail insurance for potatoes. Quantitative and qualitative aspects: (In German). Kartoffelbau 44(3): 112, 117-119. (c. a. Field Crops Abstr. 47: 6610; 1994).

Burgos, N. R., R. E. Talbert, L. A. Schmidt, and J. J. Wells. 1999. Mixed cover crop as an altenernative to black plastic mulch for tomato production. Res. Series, Arkansas Agric. Expt. Sta. No. 466: 92-95.

Burt, C., K. O'Connor, and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA. 295 p.

Butler, D. M. et al. 2012. Impact of anaerobic soil disinfestations combined with soil solarization on plant-parasitic nematodes and introduced inoculum of soilborne plant pathogens in raised-bed vegetable production. Crop. Prot. 39: 33-44.

Café-Filho, A. C. and J. M. Duniway. 1995. Effects of furrow irrigation schedules and host genotypes on phytophthora root rot of pepper. Plant Dis. 79(1): 39-43.

Candido, V., T. D'Addabbo, V. Miccolis, and D. Castronuovo. 2011. Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. Sci. Hort. 130: 491-497.

Cantliffe, D. J. 1997. Industrial processing of vegetable seeds. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38(4): 441-445.

Cantliffe, D. J. 1998. Seed germination for transplants. HorTechnology 8(4): 499-503.

Cao, S., Z. Yang, and Y. Zheng. 2012. Effect of 1-methylcyclopene on senescence and quality maintenance of green pepper fruit during storage. Postharvest Biol. Technol. 70: 1-6.

Cardon, G. E., J. G. Davis, T. A. Bauder, and R. M. Waskom. 2007. Salt-affected soils. Colorado State University Extension – Agriculture. The Internet.

Carnell, C. D. 1996. High reflective white on black mulch plastics in hot climates. Plasticulture No. 111: 17-22.

Carolus, R. L. 1970?. The use of black polyethylene mulch on vegetables will increase net returns. Ger-pak Agri-News Bull. No. 11. 4 p.

Carter, J, and C. Johnson. 1988. Influence of different types of mulches on eggplant production. HortSciemce 23: 143-145.

Cavallaro, V., G. Mauromicale, and G. di Vincenzo. 1996. Effects of seed osmoconditioning on germination characteristics of the tomato at different temperatures. Adv. Hort. Sci. 10(4): 205-209.

Cavero, J., R. G. Ortega, and M. Gutierrez. 2001. Plant density affects yield, yield components, and color of direct-seeded paprika pepper. HortScience 36(1): 76-79.

Chase, C. A. et al. 1999. Heat-retentive films for increasing soil temperatures during solarization in a humid, cloudy environment. HortScience 34(6): 1085-1089.

Chellemi, D. O., S. M. Olson, and D. J. Mitchell. 1994a. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in northern Florida. Plant Disease 78(12): 1167-1172.

Chellemi, D. O., S. M. Olson, J. W. Scott, D. J. Mitchell, and R. McSorley. 1994b. Reduction of phytoparasitic nematodes on tomato by soil solarization and genotype. Journal of Nematology 25(4 supp): 800-805 (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 8754).

Chellemi, D. O., S. M. Olson, D. J. Mitchell, I. Secker, and R. McSorley. 1997. Adaptation of soil solarization to the integrated management of soilborne pests of tomato under humid conditions. Phytopathology 87: 250-258.

Chen, J., T. Ito, and Y. Shinohara. 2002. Effects of cell shape on the growth of plug transplants in several vegetable crops. Env. Control Biol. 40(2): 157-166.

Cheng, Y., B. Zhang, E. Znang and Z. Zhao. 2002. Chemical control of sex Expression in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Cucurbit Genet. Coop. Rep. No. 25: 51-53.

Chrispeels, M. J. and D. E. Sadava. 1994. Plants, genes, and agriculture. Jones and Bartlett Publishers, Boston. 478 p.

Christansen, M. N. 1979. Physiological basis for resistance to chilling. HortScience 14: 583-586.

Chupp, C. and A. F. Sherf. 1960. Vegetable diseases and their control. The Arnold Press Co., N. Y. 693 p.

Clark, G. A. and A. G. Smajstrla. 1996. Design considerations for vegetable crop drip irrigation systems. HortTechnology 6(3): 155-159.

Clark, G. A., W. L. Lamont, Jr., C. W. Marr, and D. Rogers. 1996. Maintaining drip irrigation systems. Kansas State University, Agri. Exp. Sta. and Coop. Ext. Ser. MF-2178. 6 p. The Internet.

Cohen, S. and V. Melamed-Madjar. 1978. Prevention by soil mulching of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Israel. Bul. Ent. Res., Israel 68: 465-470.

Cohen, R., Y. Burger, C. Horev. A. Koren, and M. Edelstein. 2007. Introducing grafted cucurbits to modern agriculture: the Israeli experience. Plant Dis. 91(8): 916-923.

Colla, G., C. M. C. Suárez, and M. Cardarelli. 2010. Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. HortScience 45: 559-565.

Conway, K. E., B D. McCraw, J. E. Motes, and J. L. Sherwood. 1989. Evaluation of mulches and row covers to delay virus diseases and their effects on yield of yellow squash. Appl. Agric. Res., N. Y. p. 201-207.

Cooksey, J. R., B. A. Khan, and J. E. Motes. 1994. Plant morphology and yield of paprika in response to method of stand establishment. HortScience 29(11): 1282-1284.

Coté, F., J. E. Thompson, and C. Willemot. 1993. Limitation to the use of electrolyte leakage for the measurement of chilling injury in tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 3(2): 103-110 (c. a Hort. Abstr. 1993. 63(12): 9293).

Cox, E. F. 1984. The effects of irrigation on the establishment and yield of lettuce and leek transplants raised in peat blocks. J. Hort. Sci. 59: 431-437.

Crocker, W. and L. V. Barton. 1953. Physiology of seeds. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass. 267 p.

Csizinszky, A. A. 1990. Response of two bell pepper (*Capsicum annuum*

L.) cultivars to foliar and soil-applied biostimulants. Proceedings-Soil and Crop Science Society of Florida 49: 199-203. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 1215).

Csizinszky, A. A., C. D. Stanley, and G. A. Clark 1990. Foliar and soil-applied biostimulant studies with microirrigated pepper and tomato. Proceedings of the Florida State Horticulturol Society 103: 113-117. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63(11): 8410).

Csizinszky, A. A., D. J. Schuster, and J. B. Kring. 1995. Color mulches influence yield and insect populations in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5): 778-784.

Cushman, K. 2006. Seed quality and seeding technology. Document HS713, Hort. Sci. Dept., UF/IFAS, Fla. Coop. Ext. Serv. The Internet.

Dainello, F. J. and R. R. Heineman. 1987. Influence of polyethylene-covered trenches on yield of bell pepper. HortScience 22: 225-227.

Davidson, W. A. 1961. What labels tell and do not tell . In: United States Department of Agriculture yearbook "Seeds"; pp. 462-469. Washington, D. C.

Davies, J. W. 1975. Mulching effects on plant climate and yield. World Metorological Organization, Geneva. 92 p.

Davis, J. R. 1991. Soil solarization: yield and quality benefits for potato in a temperate climate-short and long-term effects and integrated control. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Davis, A. R. et al. 2008. Grafting effects on vegetable quality. HortScience 43(6): 1670-1672.

Decoteau, D. R. 2000. Vegetable crops. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J. 464 p.

Decoteau, D. R., M. J. Kasperbauer, and P. G. Hunt. 1988. Yield of Fresh-market tomatoes as affected plastic mulch color (Abstr). HortScience 23: 804.

Decoteau, D. R., M. J. Kasperbauer, and P. G. Hunt. 1989. Mulch surface color affects yield of fresh-market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 216-219.

Decoteau, D. R., M. J. Kasperbauer, and P. G. Hunt. 1990. Bell Pepper plant development over mulches of diverse colors. HortScience 25: 460-462.

De Grazia, J., P. Tittonell, and A. Chiesa. 2002. Pepper (*Capsicum annuum* L.) transplant growth as affected by growing medium compression and cell size. Agronomie 22(5):503-509.

Demir, I. 1997. Occurrence of hardseededness in relation to seed development in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.). Moench). Plant Varieties & Seeds 10(1): 7-13.

Demir, I. 2001. The effects of heat treatment on hard-seededness of serially harvested okra seed lots at optimum and low temperatures. Sci. Hort. 89(1): 1-7.

Demir, I., S> Ellialtioglu, and R. Tipirdamaz. 1994. The effect of different priming treatments on repairability of aged eggplant seeds. Acta. Hort. No. 362: 205.

De Pascale, S., L. D. Costa, S. Vallone, G. Barbieri, and A. Maggio. 2011. Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. HortTechnology 21: 301-308.

DeVay, J. E. 1991a. Historical review abd principles of soil solarization. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

DeVay, J. E. 1991b. Use of soil solarization for control of fungal and bacterial plant pathogens including biocontrol. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109.

DeVay, J. E., J. J. Stapleton, and C. L. Elmore (eds.). 1991. Soil solarization. FAO Plant Production and Protection Paper 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Devlin, R. M. 1975. Plant physiology. D. Van Nostrand Co., N. Y. 600 p.

De Wilde, R. C. 1971. Practical applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid in agricultural production. HortScience 6: 364-370.

Diaz-Pérez, J. C. 2009. Root zone temperature, plant growth and yield of

broccoli [*Brassica oleracea* (Plenck) var. *italica*] as affected by plastic film mulches. Sci. Hort. 123(2): 156-163.

Diaz-Pérez, J. C. 2013. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) crop as affected by shade level: microenvironment, plant growth, leaf gas exchange and leaf mineral nutrient concentration. HortScience 48(2): 175-182.

Diaz-Pérez, J. C. and K. D. Batal. 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(1): 127-136.

Diaz-Pérez, J. C., R. Gitaitis, and B. Mandal. 2007. Effects of plastic mulches on root zone temperature and on the manifestation of tomato spotted wilt symptoms and yield of tomato. Sci. Hort. 114(2): 90-95.

Dixon, G. R. 1981. Vegetable crop diseases. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 404 p.

Douglas, J. S. 1985. Advanced guide to hydroponics. Pelham Books, London. 368 p.

Doyle, M. P. 1990. Fruit and vegetable safety – microbiological considerations. HortScience 25(12): 1478-1482.

Dufault, R. J. 1998. Vegetable transplant nutrition. HortTechnology 8(4): 515-523.

Dufault, R. J., B. Villalon, and M. Q. Smith. 1987. Orientation of root and cotyledon in pepper seedlings and its use in field production. HortScience 22: 418-420.

Dufault, R. J. et al. 1989. Determination of heat unit requirements for collard harvest in the Southeastern United Sates. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 898-903.

Duniway, J. M. 2005. Alternatives to methyl bromide for strawberry production in California, USA. Acta Hort. No. 698: 27-32.

Edmond, J. B., T. L. Senn, F. S. Andrews, and R. G. Halfacre. 1975. (4th ed.). Fundamentals of horticulture. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 569 p.

Ells, J. E. 2006. Vegetable fertilizer guide. Colorado State University Cooperative Extension no. 0.509 The Internet.

El-Sayed, S. F. 1995. Response of three pepper cultivars to Biozyme under unheated plastic house conditions. Sci. Hort. 61: 285-290.

El-Shami, M., D. E. Salem, F. A. Fadl, W. W. Ashour, and M. M. El-Zayat. 1990a. Soil solarization and plant disease managements. II. Effect of soil solarization in comparison with soil fumigation on the management of Fusarium wilt of tomato. Agric. Res. Rev. (Cairo). 68(3): 601-611.

El-Shami, M. A., D. E. Salem, F. A., Fadl, and M. M. El-Zayat. 1990b. Soil solarization and plant disease management. III. Eddect of solarization of soil infested with Fusarium wilt pathogen on the growth and yield of tomatoes, Agric. Res. Rev. (Cairo). 68(3): 613-623.

Elwan, M. W. M. and M. A. M. El-Hamahmy. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. Sci. Hort. 122(4): 521-526.

Erwin, J. E. and R. D. Heins. 1995. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. HortScience 30(5): 940-949.

Esashi, Y., A. Kamataki and M. Zhang. 1997. The molecular mechanism of seed deterioration in relation to the accumulation of protein-acetaldehyde adducts. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture No. 30: 489-498.

Esekia, I. 1993. Effect of different legume species as green manure on the yield of Chinese cabbage (pakchoi). Harvest (Port Moresby) 15(1): 1-3 (c.a. Hort. Abstr. 1995, 65: 320).

Evans, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth, Blackwell Sci. Pub., Oxford. 734 p.

Farias-Larios, J., S. Guzman, and A. C. Michel. 1994. Effect pf plastic mulches on the growth and yield of cucumber in a tropical region. Biological Agriculture & Horticulture 10(4): 303-306. (c.a. Hort. Abstr. 1994, 64(1): 8690).

Farneselli, M., E. H. Simonne, D. W. Studstill and F. Tei. 2006. Washing and/or cutting petioles reduces nitrate nitrogen and potassium sap concentrations in vegetables. J. Plant Nutr. 29(11): 1975-1982.

Farrag, E. S. H. and Y. O. Fotouh. 2010. Solarization as a method for

production fungal-free container soil and controlling wilt and root-rot diseases on cucumber plants under greenhouse conditions. Arch. Phytopathol. Plant Pathol. 43(6): 519-526.

Feibert, E. B. G., S. R. James, K. A. Rykbost, A. R. Mitchell, and C. C. Shock. 1995. Potato yield and quality not changed by foliar-applied methanol. HortScience 30(3): 494-495.

Fierro, A., N. Tremblay, and A. Gooselin. 1994. Supplemental carbon dioxide and light improved tomato and pepper seedling growth and yield. HortScience 29(3): 152-154.

Finch-Savage, W. E. 1984a. A comparison of seedling emergence from dry-sown and fluid drilled carrot seeds. J. Hort. Sci. 59: 403-410.

Finche-Savage, W. E. 1984b. The effects of fluid drilling germinating seeds on the emergence and subsequent growth of carrots in the field. J. Hort. Sci. 59: 411-417.

Fiume, F. 1994. The use of a plastic tunnel for soil solarization in protected crops in southern Italy. (In Italian with English summary). Informatore Fitopatologico 44(3): 52-57. (c. a. Rev. Plant. Pathol. 1994, 73; 7961).

Fletcher, J. T. 1984. Diseases of greenhouse plants. Longman, London. 351 p.

Florijn, P. J., J. A. Nelemans, and M. L. van Beusichem. 1992. The influence of the form of nitrogen on uptake and distribution of cadmium in lettuce varieties. J. Plant Nutrition 15(11): 2405-2416.

Flynn, R. P., C. W. Wood, and E. A. Guertal. 1995. Lettuce response to composted broiler litter as a potting substrate component. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6): 964-970.

Folta, K. M. and S. A. Maruhnich. 2007. Green light: a signal to slow down or stop. J. Exp. Bot. 58(12): 3099-3111.

Fordham, R. and A. G. Biggs. 1985. Principles of vegetable crop production. Collins Professional and Technical Books, London. 215 p.

Frankenberger, Jr., W. T. and M. Arshad. 1991. Yield response of watermelon and muskmelon to L-tryptophan applied to soil. HortScience 26: 35-37.

Gamliel, A. and J. Katan. 1991. Involvement of fluorescent Pseudomonads and other microorganisms in increased growth response of plants in solarized soils. Phytopathology 81: 494-502.

Gamliel, A. and J. Katan. 1992a. Chemotaxis of fluorescent Pseudomonads towards seed exudates and germinating seeds in solarized soil. Phytopathology 82: 328-332.

Gamliel, A. and J. Katan. 1992b. Influence of seed and root exudates on fluorescent Pseudomoads and fungi in solarized soil. Phytopathology 82: 320-327.

Gamliel, A. and J. J. Stapleton. 1993. Effect of chicken compost or ammonium phospahate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. Plant Dis. 77: 886-891.

Garner, L. C. and T. Björkman. 1996. Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in tomato transplants: sensitivity to dose, frequency, and timing of brushing. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(5): 894-900.

Garner, L. C. and T. Björkman. 1997. Using impedance for mechanical conditioning of tomato transplants to control excessive stem elongation. HortScience 32(2): 227-229.

Garner, L. C. and T. Björkman. 1999. Mechanical conditioning of tomato seedlings improves transplant quality without deleterious effects on field performance. HortScience 34(5): 848-851.

Gautier, H., C. Massot, R. Stevens, S. Sérino, and M. Génard. 2008. Regulation of tomato fruit ascorbate content is more highly depedent on fruit irradiance than leaf irradiance, Annals of Botany 103(3): 495-504.

George, R. A. T. 1985. Vegetable seed production. Longman, London. 318 p.

Gent, M. P. N. 1990. Ripening and fruit weight of eight strawberry cultivars respond to row cover removal date. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 202-207.

Giannakou, I. O., I. A. Anastasiadis, S. R. Gowen, and D. A. Prophetou-Athanasiadou. 2007. Effects of a non-chemical nematicide combined

with soil solarization for the control of root-knot nematodes. Crop Protechion 26: 1644-1654.

Gilmore, E. C., Jr. and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agronomy J. 50: 611-615.

Gilreath, J. P. and B. M. Santos. 2011. Methyl iodide plus chloropicrin rates and formulations for nutsedge management in tomato. HortTechnology 21: 51-55.

Golecki, B., A. Schulz, U. Carstens-Behrens, and R. Kollmann. 1998. Evidence for graft transmission of structural phloem proteins or their precursors in heterografts of Cucurbitaceae. Planta 206(4): 630-640.

González-Térres, R., J. M. Meléro-Vara, J. Gómez-Váz-Quez, and R. M. Jiménez-Diaz. 1993. The effects of soil solarization and soil fumigation on fusarium wilt of watermelon grown in plastic house in south-eastern Spain. Plant Pathology 42(6): 858-864.

Gough, R. E. 2001. Color of plastic mulch affects lateral root development but not root system architecture in pepper. HortScience 36(1): 66-68.

Graham, H. A. H. and D. R. Decoteau. 1995. Regulation of bell pepper seedling growth with end-of-day supplemental fluorescent light. HortScience 30(3): 487-489.

Graham, C. J., J. T. Payne, and E. J. Molnar. 2000. Cell size and pretransplant nutritional conditioning influence growth and yield of transplanted 'Jubilee' watermelon. HortTechnology 10(1): 199-203.

Grange, R. I. and D. W. Hand 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. J. Hort. Sci. 62: 125-134.

Gray, D. 1981. Fluied drilling of vegetable seeds. Hort. Rev. 3: 1-27.

Greenough, D. R., L. L. Black, and W. P. Bond. 1990. Aluminum-surfaced mulch: an approach to the control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. Plant Dis. 74: 805-808.

Greer, L. and J. M. Dole. 2003. Aluminum foil, aluminum-painted plastic and degradable mulches increase yields and decrease insect-vectored viral diseases of vegetables. HortTechnology 13(2): 276-284.

Grimstad, S. O. 1995. Low-temperature pulse affects growth and development of young cucumber and tomato plants. J. Hort. Sci. 70(1): 75-80.

Groot, S. P. C. and C. M. Karssen. 1992. Dormancy and germination of absicic acid-deficient mutant. Plant Physiology 99(3): 952-958.

Grubinger, V. 2009. Ten steps toward organic weed control. University of Vermont Extension, The Internet.

Grubinger, V. P., P. L. Minotti, H. C. Wien, and A. D. Turner. 1993. Tomato response to starter fertilizer, polyethylene mulch, and level of soil phosphorus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(2): 212-216.

Grünzweig, J. M., J. Katan, Y. Ben-Tal and H. D. Rabinowitch. 1998. The role of mineral nutrients in the increased growth response of tomato plants in solarized soil. Plant and Soil 206(1): 21-27.

Guertal, E. A. 2009. Slow-release nitrogen fertilizers in vegetable production: a review. HortTechnology 19(1): 16-19.

Guler, S. and G. Buyuk. 2007. Relationships among chlorophyll-meter reading value leaf N and yield of cucumber and tomatoes. Acta Hort. No. 729: 307-311.

Gullino, M. L. et al. 2003. Replacing methyl bromide for soil disinfestation. Plant Dis. 87(9): 1012-1021.

Guttormsen, G. 1990. Effect of floating plastic films on the temperatures and vegetable yield. Acta Hort. 267: 37-41.

Haidar, M. A. and M. M. Sidahmed. 2000. Soil solarization and chicken manure for the control *Orobanche crenata* and other weeds in Lebanon. Crop Prot. 19(3): 169-173.

Haigh, A. M., E. W. R. Barlow, F. L. Milthorpe, and P. J. Sinclair. 1986. Field emergence of tomato, carrot and onion seeds printed in an aerated salt solution. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 660-665.

Hale, M. G. and D. M. Orcut. 1987. The physiology of plants under stress. John Wiley & Sons, N. Y. 206 p.

Halfacre, R. G. and J. A. Barden. 1979. Horticulture. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 722 p.

Hall, M. R. 1989. Cell size of seedling containers influences early vine growth and yield of transplanted watermelon. HortScience 24: 771-773.

Ham, J. M., G. J. Kluitenberg, and W. J. Lamont. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 188-193.

Hamamoto, H. 1992. Effects of environment under floating row cover on spinach growth. (In Japanese). J. Agric. Meteorology 48: 247-255. (c.a. Hort. Abstr. 1993, 63: 5048).

Hamamoto, H. 1996. Effect of non-woven rowcover on plant environment and growth. JARQ, Jap. Agr. Res. Quar. 30(1): 49-53.

Haman, D. Z. and A. G. Smajstrla. 2003. Design tips for drip irrigation of vegetables. Univ. Florida, IFAS Ext. 5p. The Internet.

Hanada, T. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. Extension Bulletin-ASPAC, Food & Fertilizer Technology Center No. 332, 22 p. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 5013).

Hanan, J. J. 1998. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. CRC Press, Boca Raton, Florida. 684 p.

Hanan, J. J., W. D. Holley, and K. L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N. Y. 530 p.

Harada, T. 2010. Grafting and RNA transport via phloem tissue in horticultural plants. Sci. Hort. 125(4): 545-550.

Harris, R. E. 1965. Polyethylene covers and mulches for corn and bean production in Northern regions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 288-294.

Harris, L. J. 1999. The guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. Perishables Handling Quarterly. Issue No. 98. The Internet.

Hartmann, H. T. and D. E. Kester. 1993 (4th ed.). Plant propagation: principles and practices. Prentice / Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 727 p.

Hartz, T. K. 2007. Water management in drip-irrigated vegetable production. Vegetable Res. Inf. Center, UC. Davis. 7 p. The Internet.

Hartz, T, K, and G. J. Hochmuth. 2010. Fertility management of drip-irrigated vegetables. UC Davis, Vegetable Research and Information Center. 8 p. The Internet.

Hartz, T. K. 2007. Water management in drip-irrigated vegetable production. Vegetable Res. Inf. Venter, UC. Davis. 7p. The Internet.

Hartz, T. K., and G. J. Hochmuth. 2010. Fertility management of drip-irrigated vegetables. UC Davis, Vegetable Research and Information Center. 8p. The Internet.

Hartz, T. K. and R. F. Smith. 2009. Controlled–release fertilizer for vegetable production: the California experience. HortTechnology 19(1): 20-22.

Hartz, T. K., C. R. Bogle, and B. Villalon. 1985. Response of pepper and muskmelon to row solarization. HortScience 20: 699-701.

Hartz, T. K., C. R. Bogle, D. A. Bender, and F. A. Avila. 1989. Control of pink root disease in onion using solarization and fumigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 587-590.

Hartz, T. K., A. Baameur, and D. B. Holt. 1991. Carbon dioxide enrichment of high-value crops under tunnel culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 970-973.

Hartz, T. K., J. E. De Vay, and C. L. Elmore. 1993. Solarization is an effective soil disinfestation technique for strawberry production. HortScience 28: 104-106.

Hartz, T. K., K. S. Mayberry, M. E. McGiffen, M. LeStrange, G. Miyao, and A. Baameur. 1994. Foliar methanol application ineffective in tomato and melon production. HortScience 29(9): 1087.

Hasegawa, K. 1993. The new plant growth substance lepidimoide. (In Japanese). Chemical Regulation of Plants 28(2): 174-181 (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 9468).

Hasegawa, P. M. R. A. Bressan, S. Handa, and A. K. Handa. 1984. Cellular mechanisms of tolerance to water stress. HortScience 19: 371-377.

Hasperué, J. H., M. E. Gómez-Lobato, A. R. Chaves, P. M. Civello, and G. A. Martinez. 2013. Time of day at harvest affects the expression of chlorophyll degrading genes during potharvest storage of broccoli. Postharvest Biol. Technol. 32: 22-27.

Hassan, A. A., U. A. Obaji, M. S. Wafi, N. E. Quronfilah, H. H. Al-Masry, and M. A. El-Rays. 1990. Evaluatuin of domestic and wild *Cucumis*

melo gremplasm for resistamce to the yellow stunting disorder. Egypt. J. Hort. 17: 181-199.

Hassan, A. A., N. E. Quronfilas, U. A. Obaji, M. A. El-Rays, and M. S. Wafi. 1991. Evaluatuin of domestic and wild *Citrullus germplasm* for resistance to the yellow stunting disorder. Egypt. J. Hort. 18: 11-21.

Hassenberg, K., M. Geyer, and W. B. Herppich. 2010. Effect of acetic acid vapour on the natural microflora and *Botrytis cinerea* of strawberrles. Europ. J. Hort. Sci. 75: 141-146.

Hatt, H. A., M. J. McMahon, D. E. Linvill, and D. R. Decoteau. 1994. Influence of spectral qualities and resulting soil temperatures of mulch films on bell pepper growth and production. Plasticulture. No. 101: 13-22 (c. a. Hort. Anstr. 1994, 64: 9568).

Haugh, C. G. and K. H. Kromer. 1972. Pelleted seed for direct sowing, Gemüse 8: 198-200.

Hayata, Y., Y. Niimi, and N. Iwasaki. 1995. Synthetic cytokinin-1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (CPPU)-promotes fruit set and induces parthenocarpy in watermelon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6): 997-1000.

Heather, D. W. and J. B. Sieczka. 1991. Effect of seed size and cultivar on emergence and stand establishment of broccoli in crusted soil. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 946-949.

Heckman, H. R. 1994. Effect of an organic biostimulant on cabbage yield. J. Home & Consumer Hort. 1(1): 111-113. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64(5): 3582).

Hedrick. U. P. (ed.). 1919. Sturtevant's notes on edible plants. J. B. Lyon Co., Albany, N. Y. 686 p.

Heilman, M. D., J. F. Bartholic, C. L. Gonzalez, and B. M. Farris. 1970. Frost protection with foam applied in small trenches. HortScience 5: 488-490.

Hemphill, D. D., Jr. and N. S. Mansour. 1986. Response of muskmelon to three floating row covers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 513-517.

Henderson, J. C. and D. L. Hensley. 1986. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. HortScience 21: 991-992.

Henning, V. and H. J. Wiebe. 1994. Methods to improve emergence of vegetable crops in silty soils. Acta. Hort. No. 371: 69-75.

Heuchert, J. C. and C. A. Mitchell. 1983. Inhibition of shoot growth in greenhouse grown tomato by periodic gyratory shaking. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5): 795-800.

Heuchert. J. C., J. S. Marks, and C. A. Mitchell. 1983. Strengthening of tomato shoots by gyratory shaking. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5): 801-805.

Hilhorst, H. W. M. and P. E. Toorop. 1997. Review on dormancy, germinability, and germination in crop and weed seeds. Adv. Agron. 61: 111-165.

Hill, H. J., A. G. Taylor, and T. G. Min. 1989. Density separation of imbibed and primed vegetable seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 661-665.

Hillman, J. R. (ed.). 1978. Isolation of plant growth substances. Cambridge Univ. Pr., Cambridge. 157 p.

Hincha, D. K. 1994. Rapid induction of frost hardiness in spinach seedlings under salt stress. Planta 194(2): 274-278.

Hintz, L. D., R. R. Boyer, M. A. Ponder, and R. C. Williams. 2010. Recovery of *Salmonella enterica* Newport introduced through irrigation water from tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit, roots, stems and leaves. HortScience 45: 675-678.

Ho, L. C. and P. Adams. 1994. The physiological basis for high fruit yield and susceptibility to calcium deficiency in tomato and cucumber. J. Hort. Sci. 69(2): 367-376.

Hochmuth, G. and R. Hochmuth. 2003. Open-field soilless culture of vegetables. Dept. Hort. Sci., Fla. Coop. Ext. Ser., Inst. Food Agr. Sci., Univ. Fla. The Internet.

Hochmuth, G. J., D. N. Maynard, A. A. Csizinsky, R. Mitchell, and P. Gilreath. 1986. Small-plot liquid injection wheel implements for fertilizing polyethylene-mulched vegetables. HortScience 21: 1069-1070.

Hochmuth, G. J., S. J. Locascio, S. R. Kostewicz, and F. G. Martin. 1993. Irrigation method and row cover use for strawberry freeze protection. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 575-579.

Hochmuth, G. J., R. C. Hochmuth, and S. M. Olson. 2001. Polyethylene mulching in North Florida. Univ. Florida, IFAS Ext. 9 p. The Internet.

Hochmuth, G. J., S. Kostewicz and W. Stall. 2006. Row Covers for commercial vegetable culture in Florida. Univ. Florida, IFAS Ext. 16 p. The Internet.

Hodges, L. and J. R. Brandle. 1996. Windbreaks: an important component in a plasticulture system. HortTechnology 6(3): 177-181.

Hodges, L., M. N. Suratman, J. R. Brandle, and G. Hubbard. 2004. Growth and yield of snap beans as affected by wind protection and microclimate changes due to shelterbelts and planting dates. HortScience. 39(5): 966-1004.

Hoff, J. E. 1973. Chemical and physiological basis of texture in horticultural products. HortScience 8: 108-110.

Hoyt. G. D., D. W. Monks, and T. J. Monaco. 1994. Conservation tillage for vegetable production. HortScience 4(2): 129-135.

Hunt, D. W. A., A. Liptay, and C. F. Drury. 1994. Nitrogen supply during production of tomato transplants affects preference by Colorado potato beetle. HortScience 29(11): 1326-1328.

Hytonen, T., K. Mouhu, I. Koivu, and O. Junttila. 2008. Prohexadione-calcium enhances the cropping potential and yield of strawberry. Europ. J. Hort. Sci. 35(5): 210-215.

Ibrahim, A. 1992. Fertilization and irrigation management for tomato production under arid conditions. Egypt. J. Soil. Sci. 32(1): 81-96.

Ibrahim, A., M. Khalifa, M. Hafez, and M. A. Ghafar. 1993. Transpiration control and growth of tomato and squash plants. Egypt. J. Soil. Sci. 33(2): 135-148.

Igdokwe, P. E., S. C. Trwari, J. B. Collins, and L. C. Russell. 1990. Use of seaweed extract in tomato production. J. Mississippi Academy of Sciences 35: 19-22. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63(12): 9264).

Inns, D. Q. 1997. Intercropping and the scientific basis of tradition agriculture. Intermediate Technology Publications, London. 179 p.

Ioannou, N. 1999. Management of soil-borne pathogens of tomato with soil solarization. Cyprus Agr. Res. Inst., Nicosia, Cyprus. Tech. Bul. 205. 9 p.

Isenberg, F. M. and R. M. Sayles. 1969. Modified atmosphere storage of Danish cabbage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 444-449.

Israelsen, O. W. and V. E. Hansen. 1962. Irrigation principles and practices. John Wiley & Sons, Inc., N. Y. 447 p.

Itani, J., N. Utsunomiya, and S. Shigenaga. 1992. Drought tolerance of cowpea. 2. Comparative study on water relations and photosynthesis among cowpea, soybean, common bean and greengram plants under water stress conditions. Japanese J. Trop. Agric. 36(4): 269-274. (c. a. Hort. Abstr. 1995, 65: 356).

Jacobson, R. et. al. 1980. Control of Egyptian broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) and other weeds by means of solar heating of the soil by polyethylene mulching. Weed Sci. 28: 312-316.

Jalink, H., R. van der Schoor, A. Frandas, J. G. van Pijlen, and R. J. Bino. 1998a. Chlorophyll fluorescence of *Brassica oleracea* seeds as a non-destructive marker for seed maturity and seed performance. Seed Sci. Res. 8(4): 437-443.

Jalink, H., A. Frandas, R. van der Schoor, and J. B. Bino. 1998b. Chlorophyll fluorescence of the testa of *Brassica oleracea* seeds as an indicator of seed maturity and quality. Sci. Agricola 55(Special): 88-93.

Jang, S. W. et al. 1996. Effect of plug cell size and age of transplanted seedling on the growth and yield of tomatoes in alpine area. RDA J. Agr. Sci., Hort. 38(1): 573-581. In Korean with English summary. c. a. Hort. Abstr. 67: Abst. 5014; 1997.

Janick, J. 1979. Horticultural science W. H. Freeman and Co., San Francisco. 608 p.

Jensen, M. H. and R. Sheldrake, Jr. 1966. Air-supported plastic row covers for early vegetable production. Mimeo No. 140, Dept. of Vegetable Crops, Cornell University. 10 p.

Johkan, M., M. Oda, and G. Mori. 2000. Ascorbic acid promotes graft-take in sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Sci. Hort. 116(4): 343-347.

Johnson, A. M. and G. D. Hoyt. 1999. Changes to the soil environment under conservation tillage. HortTechnology 9(3): 380-393.

Kader, A. A., R. E. Kasmire, F. G. Mitchell, M. S. Reid, N. F. Sommer, and J. F. Thompson. 1985. Postharvest technology of horticultural crops. Univ. Calif. Div., Agric. Natural Resources. Special Pub. 3311. 192 p.

Kalloo. 1988. Vegetable breeding. Vol. III. CRC Pr., Boca Raton, Florida. 174 p.

Kanahama, K. 1994. Studies on fruit vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64(1): 1-15.

Kasmire, R. F. 1983. Influence of mechanical harvesting on quality of nonfruit vegetables. HortScience 18: 421-423.

Kasperbauer, M. J. 1992. Phytochrome regulation of morphogenesis in green plants: from the Beltsville spectrograph to colored mulch in the field. Photochemistry and Photobiology 56(5): 823-832. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 9472).

Kasperbauer, M. J. 2000. Strawberry yield over red versus black plastic mulch. Crop Sci. 40: 171-174.

Kasperbauer, M. J. and P. G. Hunt. 1998. Far-red light affects photosynthate allocation and yield of tomato over red mulch. Crop Sci. 38(4): 970-974.

Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: studies and prospects. Plant Dis. 64: 450-454.

Katan, J. 1981.Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Ann. Rev. Phytopathol. 19: 211-236.

Kaufman, G. 1991. Seed coating: a tool for stand establishment; a stimulus to seed quality. HortScience 1: 98-102.

Kawaide, T. 1985. Utilization of rootstocks in cucurbit production in Japan. JARQ 18(4): 284-289.

Kelly, T. C., Y. C. Lu, A. A. Abdul-Baki, and J. R. Teasdale. 1995. Economics of a hairy vetch mulch system for producing fresh-market

tomatoes in the mid-Atlantic region. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5): 854-860.

Kemble, J. M., J. M., Davies, R. G. Gardner, and D. C. Sanders. 1994a. Spacing, root cell volume, and age affect production and economics of compact-growth-habit tomatoes. HortScience 29(12): 1460-1464.

Kemble, J. M., J. M. Davis, R. G. Gardner, and D. C. Sanders. 1994b. Root cell volume affects growth of compact-growth-habit tomato transplants. HortScience 29(4): 261-262.

Kinsealy Research Centre, Dublin. 1980. Progrmme for early tomato production in peat. 38 p.

Klassen, S. P. and B. Bugbee. 2004. Ethylene synthesis and sensitivity in crop plants. HortScience 39(7): 1546-1552.

Klein, E., J. Katan, and A. Gamliel. 2012. Soil suppressiveness to *Meloidogyne javanica* as induced by organic amendments and solarization in greenhouse crops. Crop Prot. 39: 26-32.

Klute, A. and W. C. Jacob. 1949. Physical properties of Sassafras silt loam as affected by long-time organic matter addition. Soil Sci. Soc. America Proc. 14: 24-28.

Knight, S. L. and C. A. Mitchell. 1987. Stimulating productivity of hydroponic lettuce in controlled environments with triacontanol. HortScience 22: 1307-1309.

Knott, J. E. 1957. Handbook for vegetable gowers. John Wily & Sons, Inc., N. Y. 245 p.

Korkmaz, A. and Y. Korkmaz. 2009. Promotion by 5-aminolevulenic acid of pepper seed germination and seedling emergence under low-temperature stress. Sci. Hort. 119: 98-102.

Kraus, J. E. 1942. Effects of partial defoliation at transplanting time on subsequent growth and yield of lettuce, cauliflower, celery, peppers, and onions. U. S. Dept. Agric. Tech. Bull. 829 p.

Kubota, C. and M. Kroggel. 2006. Air temperature and illumination during transportation affect quality of mature tomato seedlings. HortScience 41(7): 1640-1644.

Kubota, C., M. A. McClure, N. Kokalis-Burelle, M. G. Bausher, and E. N. Rosskopf. 2008. Vegetable grafting: history, use and current technology status in North America. HortScience 43(6): 1664-1669.

Kumar, P. and A. K. Sood. 2001. Integration of antagonistic rhizobacteria and soil solarization for the management of bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. Indian Phytopathology 54(1): 12-15.

Kurata, K. 1994. Cultivation of grafted vegetables. II. Development of grafting robots in Japan. HortScience 29(4): 240-244.

Kyozuka, J. 2007. Control of shoot and root meristem function by cytokinin. Current Opinion in Plant Biology 10(5): 442-446.

Lamont, W. J., Jr. 2005. Plastics: modifying the microlimate for the production of vegetable crops. HortTechnology 15(3): 477-481.

Lamont, W. J., K. A. Sorensen, and C. W. Averre. 1990. Painting aluminum strips on black plastic mulch reduces mosaic symptoms on summer squash. HortScience 25: 1305.

Landi, M., E. Degl'Innocenti, L. Guoglielminetti and L. Guidi. 2013. Role of ascorbic acid in the inhibition of polyphenol oxidase and the prevention of browning in different browning–sensitive *Lactuca sativa* var. *capitata* (L.) and *Eruca sativa* (Mill.) stored as fresh-cut produce. J. Sci. Food. Agr. 93: 1814-1819.

Lang, G. A. 1987. Dormancy: a new universal terminology. HortScience 22: 817-820.

Lang, G. A., J. D. Early, G. C. Martin, and R. L. Darnell. 1987. Endo-, para-, and eco-dormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience 22: 371-377.

Lass, L. W., R. H. Callihan, and D. O. Everson. 1993. Forcasting the harvest date and yield of sweet corn by complex regression models. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 450-455.

Latimer, J. G. 1994. Pepper transplants are excessively damaged by brushing. HortScience 29(9): 1002-1003.

Latimer, J. G. 1998. Mechanical conditioning to control height. HortTechnology 8(4): 529-534.

Latimer, J. G. and R. B. Beverly. 1994. Conditioning affects growth and drought tolerance of cucurbit transplants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(5): 943-948.

Latimer, J. G. and R. D. Oetting. 1994. Brushing reduces thrips and aphid populations on some greenhouse-grown vegetable transplants. HortScience 29(11): 1279-1281.

Latimer, J. G. and P. A. Thomas. 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. HortScience 1: 109-110.

Latimer, J. G., T. Johjima, and K. Marada. 1991. The effect of mechanical stress on transplants growth and sunsequent yield of four cultivars of cucumber. Scientia Horticulturae 47(3-4): 221-231. (c. a. Plant Breed. Abstr. 1991, 61: 11703).

Lee, J.-M. 1994. Cultivation of grafied vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29(4): 235-239.

Lee, J. M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28: 61-124.

Lee, J. M. et al. 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. Sci. Hort. 127: 93-105.

Leopold, A. C. 1955. Auxins and plant growth. Univ. Calif. Pr., Berkeley. 354 p.

Leopold, A. C. and P. E. Kriedmann. 1975 (2nd ed.). Plant growth and development. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 545p.

Leskovar, D. I. and D. J. Cantliffe. 1990. Does the initial condition of the transplants affect tomato growth and development. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 103: 148-153. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 8416).

Leskovar, D. I., D. J. Cantliffe, and P. J. Stoffella. 1991. Growth and yield of tomato plants in response to age of transplants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 416-420.

Leskovar, D. I., D. J. Cantliffe, and P. J. Stoffella. 1994. Transplant production systems influence growth and yield of fresh-market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(4): 662-668.

Letey, J., R. P. Clark, and C. Amrhein. 1992. Water-absorbing polymers do not conserve water. Calif. Agric. 46(3): 9-10.

Levitt, G. 1959. Effects of artificial increases in sugar content on frost hardiness. Plant Phys. 34: 401-402.

Li, S. D. and R. H. Mei. 1991. Application of "Yield-increasing bacteria" to greenhouse crops. In: B. Z. Lui (ed.). "Proceedings of International Symposium on Applied Technology of Greenhouse"; pp. 289-292. Knowledge Pub. House. Beijing, China. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 7646).

Li, H. H., N. Nishimura, K. Nasegawa, and J. Mizutani. 1993. Some physiological effects and the possible mechanism of action of juglone in plants. Weed Research (Tokyo) 38(3): 214-222. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64(9): 7092).

Liptay, A. and D. Edwards. 1994. Tomato seedling growth in response to variation in root container shape. HortScience 29(6): 633-635.

Liptay, A., P. Sikkema, and W. Fonteno. 1998. Transplant growth control through water deficit stress – A review. HortTechnology 8(4): 540-543.

Liu, L., J. W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995a. Induction of systemic resistance in cucumber against Fusarium wilt by plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 85: 695-698.

Liu, L., J. W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995b. Induction of systemic resistance in cucumber bacterial angular leaf spot by plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 85: 843-847.

Liu, J. H., C. Honda, and T. Moriguchi. 2006. Involvement of polyamine in floral and fruit development JARQ 40(1): 51-58.

Liu, G., D. M. Porterfield, Y. Li, and W. Klassen. 2012. Increased oxygen bioavailability improved vigor and germination of aged vegetable seeds. HortScience 47(12): 1714-1721.

Locascio, S. et al. 1997. Fumigant alternatives to methyl bromide for polyethylene-mulched tomato. HortScience 32(7): 1208-1211.

Loomis, W. E. 1925. Studies on the transplants of vegetable plants. Cornell Agric. Exp. Sta. Mem. 87, 63 p.

López-Martin, J. et al. 2013. Grafting is efficient alternative to shading

screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper. Sci. Hort. 149: 39-46.

Lorenz, O. A. 1969. The mechanized growing and harvesting of vegetable crops in the west. HortScience 4: 238-239.

Lorenz, O. A. and D. N. Maynard. 1980 (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N. Y. 390 p.

Lownds, N. K., J. M. Leon, and M. J. Bukovac. 1987. Effect of surfactants on foliar penetration of NAA and NAA-induced ethylene evolution in cowpea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 554-560.

Luckwill, L. C. 1981. Growth regulators in crop production. Edward Arnold, London. 61 p.

Lurie, S., R. Ronen, and B. Aloni. 1995. Growth-regulator-induced alleviation of chilling injury in green and red bell pepper fruit during storage. HortScience 30(3): 558-559.

Lutz, J. M. and R. E. Hardenburg. 1968. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U. S. Dept. Agric., Agric. Handbook No. 66. 94 p.

MacGreoger, J. J. 1987. Naturally occurring toxicants in horticultural crops. Acta Hort. No. 207: 9-19.

Maheshwari, S. K. and L. C. Saini. 1992. Black leg of potato and its control. Agricultural Science Digest (Karnal) 12(1): 53-54. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74: 349).

Mangan, F. X., C. S. Vavrina, and J. C. Howell. 2000. Transplanting depth affects pepper lodging and maturity. HortScience 35(4): 593-595.

Marr, C. W. 1993. Plastic mulches for vegetables. Kansas State Univ. Agr. Exp. Sta. MF-1091. 4 p. The Internet.

Marr, C. W. 1993. Fertigation of vegetable crops. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, MF-1092. The Internet.

Marr, C. W. 1994. Vegetable transplants. Commercial vegetable production. Kansas State University Agr. Exp. Sta. & Coop. Ext. Ser. MF-1103. 4 p. The Internet.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London.

Marsh, A. W. 1975. Questions and answers about tensiometers. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Leaflet 2264. 10 p.

Marsh, L. 1993. Moisture affects cowpea and okra seed emergence and growth at low temperatures. HortScience 28: 774-777.

Marsh, A. W., H. Johnson, Jr., F. E. Robinson, N. McRae, K. Mayberry, and D. Ririe. 1977. Solid set sprinklers for starting vegetable crops. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Leaflet. No. 2265. 12 p.

Marsh, A. W. et al. 1979. Drip irrigation. Univ. Calif, Div. Agric. Sci. Leaflet 2740. 4 p.

Martin, F. N. 2003. Development of alternative strategies for management of soilborne pathogens currently controlled with methyl bromide. Ann. Rev. Phytopathol. 41: 325-350.

Martin-Closas, L., A. M. Pelacho, P. Picuno, and D. Rodriguez. 2008. Prosperities of new biodegradable plastics for mulching, and characterization of their degradation in the laboratory and in the field. Acta Hort. No. 801: 275-282.

Martinez-Ballesta, M. C., C. Alaraz-López, B. Muries, C. Mota-Cadenas and M. Carvajal. 2010. Physiological aspect of rootststock-scion interactions. Sci. Hort. 127: 112-118.

Masiunas, J. B. 1998. Production of vegetables using cover crop and living mulches – a review. J. Veg. Crop Prod. 4(1): 11-31.

Masiunas, J., E. Wahle, L. Barmore, and A. Morgan. 2003. A foam mulching system to control weeds in tomatoes and sweer basil. HortTechnology 13(2): 324-328.

Mass, J. L., G. J. Galletta, and G. D. Stoner. 1991. Elagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberries: A review. HortScience 26: 10-14.

Mastalerz, J. W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, N. Y. 629 p.

Masuda, M. and S. Furusawa. 1991. Fruit yield and quality of tomatoes as

affected by rootstocks in long-term nutrient film technique culture (In Japanese with English summary). Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University No. 78: 17-25. (c. a. Hort. Abstr. 64: 2007; 1994).

Matkin, O. A., and P. A. Chandler. 1957. The U. C. type soil mixes. In: K. F. Barker (ed.). "The U. C. System for Producing Healthy Container-grown Plant"; pp. 68-85. Univ. Calif, Div. Agric. Sci., Agric. Exp. Sta., Ext. Serv. Manual 23.

Matsuzoe, N., H. Nakamura, H. Okubo, and K. Fujieda. 1993. Growth and yield of tomato plants grafted on *Solanum* root-stocks. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 61(4): 847-855. (c. a. Hort. Abstr. 65: 5115; 1995).

Mayberry, K. S. 1983. A grower's guide to solving salt problems. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Leaflet 21350. 4 p.

Maynard, D. N. 1979. Nutritional disorders of vegetable crops: a review. J. Plant Nutr. 1: 1-23.

McAvoy, R. 2005. Grafting techniques for greenhouse tomatoes. University of Connecticut Cooperative Extension System. 7 p. The Internet.

McAvoy, R. 2010. Grafting techniques for greenhouse tomatoes. University of Connecticut IPM. The Internet.

McGiffen, M. E., Jr., R. L. Green, J. A. Manthey, B. A. Faber, A. J. Downer, N. J. Sakovich, and J. Aguiar. 1995. Field tests of methanol as a crop yield enhancer. HortScience 30(6): 1225-1228.

McGovern, R. J., C. S. Vavrina, J. W. Noling, L. A. Datnoff, and H. D. Yonce. 1998. Evaluation of application methods for management of Fusarium crown and root rot in tomato in southern Florida. Plant Dis. 82: 919-923.

Mckee, J. M. T. 1981. Physiological aspects of transplanting vegetables and other crops. II. Methods used to improve transplant establishment. Hort. Abstr. 51(6), pp. 355-368.

McLaren, J. S. 1982. Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth-Heinemann, London.

Meng, X., M. Zhang, and B. Adhikari. 2012. Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using argon treatment. Postharvest Biol. Technol. 71: 13-20.

Meyer, B. S., D. B. Anderson, and R. H. Böhning. 1960. Introduction to plant physiology. D. Van Nostrand, N. Y. 451 p.

Meyer, J. L., M. J. Snyder, L. H. Valenzuela, A. Harris, and R. Strohman. 1991. Liquid polymers keep drip irrigation lines from clogging. Calif. Agric. 45(1): 24-25.

Millar, C. E., L. M. Turk, and H. D. Foth. 1969 (4th ed.). Fundamentals of soil science. John Wiley & Sons, Inc., N. Y. 491 p.

Miller, J. C., Jr., S. Rajapakse, and R. K. Garber. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in vegetable crops. HortScience 21: 974-984.

Minges, P. A., A. A. Muka, A. F. Sherf, and R. F. Sandsted. 1971. Vegetable production recommendations. Cornell Univ. 36 p.

Minotti, P. L. 1975. Plant nutrition and vegetable crop quality. HortScience 10: 54-56.

Mitchell, C. A., C. Sevenson, J. A. Wott, and P. A. Hammer. 1975. Seismomorphogenic regulation of plant growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 161-165.

Mizrahi, Y. and D. Pasternak. 1985. Effect of salinity on quality of various agricultural crops. Plant and Soil 89: 301-307.

Moore, T. C. 1979. Biochemistry and physiology of plant hormomes. Springer-Verlag N. Y. 274 p.

Moreno, M. M. and A. Moreno. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. Sci. Hort. 116(3): 256-263.

Morgan, K. T., K. E. Cushman, and S. Sato. 2009. Release mechanisms for slow- and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. HortTechnology 19(1): 10-12.

Morse, R. D. 1999. No-till vegetable production – its time is now. HortTechnology 9(3): 373-379.

Mortley, D. G., C. K. Bonsi, P. A. Loretan, W. A. Hill, and C. E. Morris. 1994. Relative humidity influences yield, edible biomass, and linear growth rate of sweetotato. HortScience 29(6): 609-610.

Motsenbocker, C. E. and A. R. Bonanno. 1989. Row cover effects on air and soil temperatures and yield of muskmelon. HortScience 24: 601-603.

Munger, H. M. 1979. The potential of breeding fruits and vegetables for human nutrition. HortScience 14: 247-250.

Nadakavukaren, M. and D. McCracken. 1985. Botany: an introduction to plant biology. West Pub. Co., N. Y. 591 p.

Nelson, P. V. 1985 (3rd ed.). Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia. 598 p.

NeSmith, D. S. and J. R. Duval. 1998. The effect of container size. HortTechnology 8(4).

Newenhouse, A. C. and M. N. Dana. 1989. Grass living mulch for strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 859-862.

Nickell, L. G. 1982. Plant growth regulators: agricultural uses. Springer-Verlag, N. Y. 173 p.

Nickell, L. G. (ed.). 1983. Plant growth reglating chemicals. Vol. II. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida. 256 p.

Nicola, S. 1998. Understanding root system to improve seedling quality. HortTechnology 8(4): 544-549.

Nieuwhof, M., F. Garretsen, and J. C. van Oeveren. 1991. Growth analysis of tomato genotypes under low energy conditions. Netherlands J. Agric. Sci. 39: 191-196. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 5506).

Nobuoka, T., M. Oda, and H. Sasaki. 1996. Effects of relative humidity, light intensity and leaf temperature on respiration of tomato scions. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64(4): 859-865. (c. a. Hort. Abstr. 66: Abstr. 5091; 1996).

Noling, J. W. 2003. Metam-sodium application via drip irrigation systems. University of Florida, IFAS Extension. ENY-037. 5 p. The Internet.

Norton, J. A. 2007. Review of potential methyl bromide alternative (MBA). The Internet.

Oda, M. 1994. Effects of uniconazole and gibberellic acid application on elongation of hypocotyls and internodes in figleaf gourd for rootstock. JARQ, Jap. Agr. Res. Quarterly 28(3): 195-199.

Oda, M. 1999. Grafting vegetables to improve greenhouse production. Extension Bul. – Food & Fertilizer Technol. Center No. 480. 11 p. (c. a. Hort. Abstr. 71: Abstr. 3031; 2001).

Oda, M., M. Nagata, K. Tsuji, and H. Sasaki. 1996. Effects of scarlet eggplant rootstock on growth, yield, and sugar content of grafted tomato fruits. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 65(3): 531-536.

Oeller, P. W., M. W. Lu, L. P. Taylor, D. A. Pike, and A. Thoelogis. 1991. Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense RNA. Science (Washington) 254: 437-439.

Ohio State University. 2005. Ohio vegetable production guide 2005. OSU Extension. Bul. 672. 280 p.

Ohr, H. D., J. J. Sims, N. M. Grech, J. O. Becker, and M. E. McGiffen, Jr. 1996. Methyl iodide, an ozone-safe alternative to methyl bromide as a soil fumigant. Plant Dis. 80: 731-735.

Ojaghian, M. R. et al. 2013. Application of acetyl salicylic acid and chemically different chitosans against storage carrot rot. Postharvest Biol. Technol. 84: 51-60.

Oka, Y., N. Shapira, and P. Fine. 2007. Control of root-knot nematodes in organic forming systems by organic amendments and soil solarization. Crop Protection 26(10): 1556-1565.

O'Leary, J. W. and G. N. Knecht. 1971. The effect of relative humidity on growth, yield and water consumption of bean plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 263-265.

Olle, M. and I. Bender. 2009. Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84(6): 577-584.

Orzolek, M. D. and W. J. Lamont, Jr. 2003. Summary and recommendations for the use of mulch color in vegetable production. College of Agr. Sci. Penn. State Univ. 3 p. The Internet.

Ozores-Hampton. M., B. Schaffer, H. H. Bryan, and E. A. Hanlon. 1994. Nutrient concentrations, growth, and yield of tomato and squash in municipal solid-waste-amended soil. HortScience 29(7): 785-788.

Palta, J. P. 1992. Mechanisms for obtaining freezing stress resistance in herbaceous plants. In: H. T. Stalker and J. P. Murphy (eds.). "Plant Breeding in the 1990"; pp. 219-250. CAB International Wallingford, U. K.

Palti, J. 1981. Cultural Practices and infectious crop diseases. Springer-Verlag, Berlin. 243 p.

Papadopoulos, I. and V. V. Rending. 1983. Tomato plant response to soil salinity. Agronomy J. 75: 696-700.

Parsons, L. R. 1979. Breeding for drought resistance: what plant characteristics impart resistance?. HortScience 14: 590-593.

Parsons, L. R. and T. A. Wheaton. 1987. Microsprinkler irrigation for freeze protection: evaporative cooling and extent of protection in an advective freeze. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 897-902.

Parsons, L. R., T. A. Wheaton, and D. P. H. Tucker. 1986. Florida freezes and the role of water in Citrus cold tolerance. HortScience 21(1): Inside front and back covers.

Patil, B. S. and L. M. Pike. 1995. Distribution of quercetin content in different rings of various coloured onion (*Allium cepa* L.) cultivars. J. Hort. Sci. 70(4): 643-650.

Patil, B. S., L. M. Pike, and K. S. Yoo. 1995. Variation in the quercetin content in different coloured onions (*Allium cepa* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6): 909-913.

Pavlista, A. D. 1993. Morphological changes and yield enhancement of superior potatoes by AC 243, 654. Amer. Potato J. 70(1): 49-59.

Pék, Z., L. Helyes, and A. Lugasi. 2010. Color changes and antioxidant content of vine and postharvest-ripened tomato fruits. HortSciemce 45: 466-468.

Pereira, J. C. R., G. M. Chaves, L. Zambolim, K. Matsuoka, R. S. Acuna, and F. X. R. do Vale. 1996. Control of *Sclerotium cepirorum* by the use of vermicompost, solarization, *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis*. (In Portuguese with English summary). Summa Phytopathologica 22(3/4): 228-234. c. a. Rev. Plant Pathol. 77(2): Abstr. 1267; 1998.

Peretz-Alon, I. and O. Ucko. 2005. Combined soil fumigants: synergistic performance and improved yield. Acta Hort. No. 698: 135-140.

Perry, K. B. and T. C. Wehner. 1990. Prediction of cucumber harvest date using a heat unit model. HortScience 25: 405-406.

Perry, K. B., T. C. Wehner, and G. L. Johnson. 1986. Comparison of 14 methods to determine heat unit requirements for cucumler harvest. HortScience 21: 419-423.

Phene, C. J., K. R. Davis, R. B. Hutmacher, and R. L. McCormic. 1987.

Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. Acta Hort. 200: 101-114.

Pill, W. G. 1991. Advances in fluid drilling. HortScience 1: 59-65.

Pill, W. G. and D. J. Bischoff. 1998. Resin-coated, controlled-release fertilizer as a pre-plant alternative to nitrogen enrichment of stem core soilless media containing ground stem core of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 73(1): 73-79.

Pill, W. G., B. Shi, H. D. Tilmon, and R. W. Taylor. 1995. Tomato bedding for plant production in soiless media containing ground kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stem core. J. Hort. Sci. 70(5): 713-719.

Pillsbury, A. F. 1968. Sprinkler irrigation. 1968. FAO Agric. Dev. Paper No. 88. 179 p.

Piringer, A. A. 1962. Photoperiodic responses of vegetable plants. *In* Campbell Soup Company "Plant Science Symposium"; pp. 173-185. Camden, N. J.

Pisarczyk, J. M. and W. E. Splittstoesser. 1979. Controlling tomato transplant height with chlormequat, Daminozide and Ethephon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 342-344.

Pombo, G., M. D. Orzolek, L. D. Tukey, and T. P. Pyzik. 1985. The effect of paclobutrazol, damonzide, glyophosate and 2,4-D in gel on the emergence and growth of germinated tomato seeds. J. Hort. Sci. 60: 353-357.

Pombo, M. A., H. G. Rosli, G. A. Martinez and P. M. Civello. 2011. UV-C treatment affect the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa*, Duch.). Posthlarvest Biol. Technol. 59: 94-102.

Pöntinen, V. and I. Voipio. 1992. Different methods of mechanical stress in controlling the growth of lettuce and cauliflower seedlings. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science 42(4): 246-250. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 1057).

Porras, M., C. Barrau, F. T. Arroyo, B. Santos, C. Blanco, and F. Romero. 2007. Reduction of *Phytophthora cactorum* in strawberry fields by *Trichoderma* spp. and soil solarization. Plant Dis. 91(2): 142-146.

Porter, I. J., P. R. Merriman, and P. J. Keane. 1991. Soil solarisation combined with low rates of soil fumigants controls clubroot of cauliflowers, caused by *Plasmodiophora brassicae* Woron. Australian Journal of Experimental Agriculture 31(6): 843-851.

Pullman, G. S., J. E. De Vay, C. L. Elmore, and W. H. Hart. 1984. Soil solarization: a non-chemical method for controlling diseases and pests. Univ. Calif., Div. Agric. & Nat. Res. Leaflet 21377. 8 p.

Purdy, L. H., J. E. Harmond and G. B. Welch. 1961. Special processing treatment of seeds. In: U. S. Dept. Agric. "Seeds"; pp. 322-329 U.S.D.A., Washington, D. C.

Purseglove, J. W. 1972. Tropical crops: monocotyledons. The English Language Book Soc., London. 607 p.

Purseglove, J. W. 1974. Tropical crops: dicotyledons. The English Language Book Soc., London. 719 p.

Qiao, K., H. Zhang, H. Wang, X. Ji, and K. Wang. 2011. Efficacy of aluminium phosphide as a soil fumigant against nematode and weed in tomato crop. Sci. Hort. 130: 570-574.

Qiao, K. et al. 2012. Effectiveness of 1,3-dichloropropene as an alternative methyl bromide in rotation of tomato (*Solanum lycopersicum*) and cucumber (*Cucumis sativus*) in China. Crop Prot. 38: 30-34.

Ramin, A. A. and J. G. Atherton. 1991. Manipulation of bolting and flowering in celery (*Apium graveolens* L. var. *dulce*) I. Effects of chilling during germination and seed development. J. Hort. Sci. 66(4): 435-441.

Rangarajan, A. 2008. Enhancing earliness with specialized plastic mulches. Cornell Coop. Ext. The Internet.

Rappaport, L. 1977. Plant growth regulators. In: University of California Division of Agricultural Sciences "Plant Growth Regulators: Study Guide for Agricultural Pest Control Advisors"; pp. 10-21. Priced Pub. 4047.

Raviv, M., R. Reuveni, and B. Z. Zaidman. 1998. Improved medium for organic transplants. Bio. Agr. Hort. 16(1): 53-64.

Raviv, M., B. Z. Zaidman, and Y. Kapulnik. 1998. The use of compost as a substitute for organic vegetable transplants production. Compst Science & Utilization 6(1): 46-52.

Ravnikar, M., J. Zel, I. Plaper, and A. Spacapan. 1993. Jasmonic acid stimulates shoot and bulb formation of garlic in vitro. J. Plant Growth Regulation 12(2): 73-77. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 4427).

Read, P. E. 1982. Plant growth regulator use in field-scale vegetable crops, pp. 285-296. In: J. S. McLaren (ed.). Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth Scientific, London.

Reiners, S. and P. J. Nitzche. 1993. Rowcovers improve early season tomato production. HortScience 3(2): 197-199.

Resh, H. M. 1981. (2nd ed.). Hydroponic food production. Woodbridge Press Pub. Co., Santa Barbara, California. 335 p.

Resh, H. M. 1985 (3rd ed.). Hydroponic food production. Woodbridge Press Pub. Co., Santa Barbara, California. 384 p.

Ries, S. and R. Houtz. 1983. Triacontanol as a plant growth regulator. HortScience 18: 654-662.

Riga, P., M. Anza, and C. Garbisu. 2008. Tomato quality is more dependent on temperature than on photosynthetically active radiation. J. Sci. Food Agr. 88(1): 158-166.

Ristaino, J. B., J. M. Duniway, and J. J. Marois. 1989. Phytophthora rool rot and irrigation schedule influence growth and phenology of processing tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 556-561.

Ristaino, J. B. and W. Thomas. 1997. Agriculture, metyl bromide, and the ozone hole – can we fill the gaps?. Plant Dis. 81(9): 964-977.

Ristaino, J. B., K. B. Perry, and R. D. Lumsden. 1991. Effect of solarization and *Gliocladium virens* on sclerotia of *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. Phytopathology 81: 1117-1124.

Roberts, B. W. and J. A. Anderson. 1994. Canopy shade and soil mulch affect yield and solar injury of bell pepper. HortScience 29(4): 258-260.

Roberts, E. H., R. J. Summerfield, R. H. Ellis, P. Q. Craufurd, and T. R. Wheeler. 1997. The induction of flowering, pp. 69-99. In: H. C. Wien (ed.). The physiology of vegetable crops. CAB International.

Rod, J. 1994. The use of soil solarization to control clubroot

(*Plasmodiophora brassicae*). Ochrana Rostlin 30(3): 183-188. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1994, 73: 7953).

Rodriguez-Pérez, A., S. Diaz-Hernández, and L. G. Llobet. 2005. Eradication of *Phytopthora nicotianae* and *Rhizoctonia solani* by double layer solarization in tomato seedbeds. Acta Hort. No. 698: 206-212.

Roe, N. E., P. J. Stoffella, and H. H. Bryan 1994. Growth and yield of bell pepper and winter squash grown with organic and living mulches. J. Amer. Hort. Si. 119(6): 1193-1199.

Roosta, H. R. and H. R. Karimi. 2012. Effect of alkali-stress on ungrafted and grafted cucumber plants: using two types of local squash as rootstock. J. Plant Nutr. 35(12): 1843-1852.

Rosa, J. T. 1921. Investigations on the hardening process in vegetable plants. Montana Agric. Exp. Sta., Res. Bull. 48.

Rosen, C. J. and R. Eliason. 2007. Nutrient management for commercial fruit & vegetable crops in Minnesota. University of Minnesota Extension Service 21 p. The Internet.

Rowell, D. L. 1994. Siol science: methods and applications. Longman Scientific & Technical, Essex, England. 350 p.

Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1999. World vegetables: principles, production and nutritive values (2nd ed.). Aspen Pub., Inc., Gaithersburg, Maryland, USA. 843 p.

Rubatzky, V. E., W. L. Sims, and R. E. Voss. 1978. Growth regulators in vegetable crops. In: University of California, Division of Agriculural Sciences "Plant Growth Requlators: Study Guide for Agricultural Pest Control Advisors, pp. 34-38. Priced Pub. 4047.

Russell, E. W. 1973. (10th ed.). Soil conditions and plant growth. The English Language Book Society, London. 849 p.

Russo, R. O. and G. P. Berlyn. 1992. Vitamin-humic-algal root biostimulant increases yield of green bean. HortScience 27: 847.

Rutledge, A. D. 1999. Experiences with conservation tillage vegetables in Tennessee. HortTechnology 9(3): 366-372.

Saeed, I. A. M., D. I. Rouse, J. M. Harkin, and K. P. Smith 1997. Effects of

soil water content and soil temperature on efficacy of metham-sodium against *Verticillilm dahliae*. Plant Dis. 81: 773-776.

Saha, U. K., M. A. Hye, J. Haider, and R. R. Saha. 1997. Effect of rice straw mulch on the water use and tuber yield of potato grown under different irrigation schedules. Jap. J. Trop. Agric. 41(3): 168-176.

Salisbury, F. B. 1982. Photoperiodism. Hort. Rev. 4: 66-105.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984a. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. I. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 208 p.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984b. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. II. CRC Prèss, Inc., Boca Raton, Florida 194 p.

Samimy, C. 1993. Physical impedance retards top growth of tomato transplants. HortScience 28: 883-885.

San, R. H. C. 1987. Genotoxic and antigenotoxic activity of chemical compounds of plant origin as applied to horticulture. Acta Hort. 207: 21-30.

San Antonio, J. P. 1795. Commercial and small scale cultivation of the mushroom, *Agaricus bispours* (lange) Sing. HortScience 10: 451-458.

Sanders, D. C. 1993. Vegetable crop irrigation. North Carolina Cooperative Extension Service. The Internet. 7 p.

Sanders. D. C., J. A. Ricotta, and L. Hodges. 1990. Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. HortScience 25: 181-183.

Sasaki, H., K. Ichimura, S. Imada, and M. Oda. 2011a. Loss of freezing tolerance associated with decrease in sugar concentrations by short-term deacclimation in cabbage seedlings. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 70(3): 294-298.

Sasaki, H., K. Ichimura, S. Imada, and S. Yamaki. 2011b. Sucrose synthase and sucrose phosphate synthase but not acid invertase are regulated by cold acclimation and deacclimation in cabbage seedlings. J. Plant Physiol. 158(7): 847-852.

Satour, M. M., E. M. El-Sherif, L. El-Ghareeb, S. A. El-Hadad and H. R. El-Wakil. 1991. Achievements of soil solarization in Egypt. FAO Plant Production and Protection Papers No. 109: 200-212.

Schales, F. D. and T. J. Ng. 1988. Population density and mulch effects on muskmelon yield (Abstr.) HortScience 23: 804.

Schales, F. D. and R. Sheldrake, Jr. 1966. Mulch effects on soil conditions and muskmelon response. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 425-430.

Schalk, J. M. and M. L. Robbins. 1987. Reflective mulches influence plant survival, production, and insect control in fall tomatoes. HortScience 22: 30-32.

Scherm, H. and A. H. C. van Bruggen. 1995. Comparative study of microclimate and downy mildew development in subsurface drip- and furrow-irrigated lettuce fields in California. Plant Dis. 79(6): 620-625.

Sclichting, C. D., A. G. Stephenson, L. E. Small, and J. A. Winsor. 1990. Pollen loads and progeny vigor in *Cucurbita pepo*: the next generation. Evolution 44(5): 1358-1372.

Schlimme, D. V. 1995. Marketing lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30(1): 1-17.

Schmidt, J. R. and J. W. Worthington. 1998. Modifying heat unit accumulation with contrasting colors of polyethylene mulch. HortScience 33(2): 210-214.

Schnelle, M. A., B. D. McCraw, and J. M. Dole. 2007. Height control of flowering crop and vegetable transplants. OSU Extension Facts No. F-6714. 8 p. The Internet.

Schoonover, W. R. and R. H. Sciaroni. 1957. The salinity problem in murseries. In: K. F. Baker (ed.) "The U. C. System for Producing Healthy Container-Grown Plants"; pp. 52-67. Univ. Calif., Div. Agric. Sci., Agric. Exp. Sta., Ext. Serv. Manual 23.

Schrader, L. E. 2011. Scientific basis of a unique formulation for reducing sunburn of fruits. HortScience 46: 6-11.

Schreiner, R. P. and R. T. Koide. 1993. Streptomycin reduces plant respose to mycorrhizal infection. Soil Biology & Biochemistry 25(8): 1131-1133. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 5373).

Schultheis, J. R. and R. J. Dufault. 1994. Watermelon seedling growth, fruit yield and quality following pretransplant nutritional conditioning. HortScience 29(11): 1264-1268.

Schwankl, L. J. and G. McGourty. 1992. Organic fertilizers can be injected through low-volume irrigation systems. Calif. Agric. 46(5): 21-23.

Scopa, A. and S. Dumontet. 2007. Soil solarization: effects on soil microbiological parameters. J. Plant Nutr. 30(4): 537-547.

Scott, V. H. and C. E. Houston. 1981. Measuring irrigation water. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Leaflet No. 2956. 52 p.

Scully, B. T. and D. H. Wallace. 1990. Variation in and relationship of biomass, growth rate, harvest index and phenology to yield of common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 218-225.

Shan, X. Y., Z. L. Wang, and D. Xie. 2007. Jasmonate signal pathway in *Arabidopsis*. Journal of Integrative Plant Biology 49(1): 81-86.

Shankar, G. 1988. Sideroll – a labor saving & cost effective sprinkler system. Arab World Agribusiness 4(6): 13-15.

Shannon, M. C. and C. M. Grieve. 2000. Options for using low-quality water for vegetable crops. HortScience 35(6): 1058-1062.

Sheldrake, R., Jr. 1967. Plastic mulches. Cornell Ext. Bull. 1180. 8 p.

Sheldrake, R., Jr. and E. B. Oyer. 1968. Growing cucumbers, melons and squash in New York State. Cornell Ext. Bul. 1074. 24 p.

Sherman, M. 1985. Control of ethylene in the postharvest environment. HortScience 20: 57-60.

Simmonds, N. W. (ed.). 1976. Evolution of crop plants. Longman, London. 339 p.

Skoog, F. (ed.). 1980. Plant growth substances 1979. Springer-Verlag, N. Y. 527 p.

Smith, S. R. 1994. Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. II. Cadmium uptake by crops and implications for human dietary intake. Environmental Pollution 86(1): 5-13. (c. a. Field Crops Abstr., 1994, 47: 7358).

Smith, P. G. and J. E. Welch. 1964. Nomenclature of vegetables and condiment herbs grown in the United States. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 535-548.

Smith, P. G. and F. W. Zink. 1951. Effect of sucrose foliage spray on tomato transplants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 58: 168-178.

Smith, F. F., G. V. Johnson, R. P. Khan, and A. Bing. 1964. Repellency of reflective aluminum to transient aphid virus-vectors (Abstr.). Phytopathology 54: 748.

Smith, R. et al. 2000. Weed management for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. No. 7250. 5 p.

Sims, W. L., H. Johnson, R. F. Kasmire, V. E. Rubatzky, K. B. Tyler, and R. E. Voss. 1978. Home vegetable gardening. Div. Agric. Sci., Univ. Calif. Leaflet No. 2989. 42 p.

Snowdon, A. L. 1990. Post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1: General introduction and fruits. Wolfe Scientific Ltd, London. 302 p

Soliman, M. S. and M. Doss. 1992. Salinity and mineral nutrition effects on growth and accumulation of organic ions in two cultivated tomato varieties. J. Plant Nutrition 15(12): 2789-2799. c. a. Plant Breed. Abstr. 1993, 63: Abstr. 8924.

Soltani, N., J. L. Anderson and A. R. Hamson. 1995. Growth analysis of watermelon plants grown with mulches and rowcovers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6): 1001-1009.

Southorn, N. 1997. Farm irrigation: planning & Management. Inkata Press, Buterworths-Heinemann, Port Melbourne, Australia.163 p.

Stalknecht, G. F. 1983. Application of plant growth regulators to potatoes: Production and research. In: L. G. Nickell (ed.) "Plant Growth Regulating Chemicals. Vol. II"; pp. 161-176. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida.

Stapleton, J. J. 1996. Fumigation and solarization practice in plasticulture systems. HortTechnology 6(3): 189-192.

Stern, P. H. 1979. Small-scale irrigation. Intermediate Technology Publications Ltd, London. 152 p.

Stevens, M. A. 1970. Vegetable flavor. HortScience 5: 95-98.

Stevens, C., V. Khan, M. A. Wilson, J. Brown, and A. Y. Tang. 1988a.

Control of southern blight in bell peppers by soil solarization (Abstr.). HortScience 23: 830-831.

Stevens, C., V. Khan, A. Y. Tang, and C. Bonsi. 1988b. The effect of soil solariztion on growth response and root knot damage of sweet potato (Abstr). HortScience 23: 827.

Stevens, C., V. Khan, A. Y. Tang, and M. A. Wilson. 1988c. The effect of soil solarization on earliness and yield of cabbage and broccoli (Abstr). HortScience 23: 829.

Stevens, C., V. A. Khan, T. Okoronkwo, A. Y. Tang, M. A. Wilson, J. Lu, and J. E. Brown. 1990. Soil solarization and Dacthal: influence on weeds, growth, and root microflora of collards. HortScience 25: 1260-1262.

Steward, F. C. 1966. About plants: topics in plant biology. Addison-Wesley, Reading, Mass. 174 p.

Steward, F. C. and A. D. Krikorian. 1971. Plants, chemicals and growth. Academic Pr., N. Y. 232 p.

Stoffella, P. J. and B. A. Kahn. 1986. Root system effects on lodging of vegetable crops. HortScience 21: 960-963.

Stommel, T. 1978. Growth regulator compounds currently registered for use in California. In: University of California, Division of Agricultural Sciences "Plant Growth Regulators: Study Guide for Agricultural Pest Control Advsors"; pp. 5-9. Priced Pub. 4047.

Stoskopf, N. C. 1981. Understanding crop production. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia. 433 p.

Strange, R. N. 1993. Plant disease control: towards environmentally acceptable methods. Chapman & Hall, London. 354 p.

Studer, H. E. 1983. Influnce of mechanical harvesting on the quality of fruit vegetables. HortScience 18: 417-421.

Sun, Y. W., J. J. Chen, W. N. Chang, M. J. Tseng, and F. S. Wu. 2010. Irrigation with 5°C water and paclobutrazol promotes strong seedling growth in tomato (*Solanum lycopersicum*). J. Hort. Sci. Biotechnol. 85(4): 305-311.

Sun, Y., H. Feng, and F. Liu. 2013. Comparative effect of partial root-zone

drying and deficit irrigation on incidence of blossom-end rot in tomato under varied calcium rates. J. Exp. Bot. 64(7): 2107-2116.

Sundaresan, P., N. U. Raja and P. Gunasekaran. 1993. Induction and accumulation of phytoalexins in cowpea roots infected with a mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* and their resistance to fusarium wilt disease. Journal of Biosciences. 18(2): 291-301. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74: 1490).

Sweat, M. S. 2007. Plasticulture technology for vegetable production. UF Coop. Ext. Ser. The Internet.

Swiecki, T. J. and J. D. MacDonald. 1991. Soil salinity enhances phytophthora root rot of tomato but hinders asexual reproduction by *Phytophthora parasitica*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 471-477.

Symons, G. M., J. R. Ross, C. E. Jager, and J. B. Reid. 2007. Brassinosteroid transport. J. Exp. Bot. 59(1): 17-24.

Szczesiak, A. S. 1966. Texture measurements. Food Technol, 20: 1292-1298.

Taber, H. G. 2009. Wavelength selective and/or colored plastic agricultural films. Amer. Soc. Hort. Sci. The Internet.

Takahashi, H., K. Koshio, and Y. Ota. 1993. Effects of ABA Application to the culture solution on the growth, water relations and temperature stress in tomato plants (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62(2): 389-397. c. a. Hort. Abstr. 65: Abstr. 3109; 1995.

Talanova, V. V. and A. F. Titov. 1994. Endogenous abscisic acid content in cucumber leaves under the influence of unfavorable temperatures and salinity. Journal of Experimental Botany 45(276): 1031-1033.

Tamietti, G. and D. Valentino. 2001. Soil solarization: a useful tool for conrol of verticillium wilt and weeds in eggplant crops under plastic in the Po Valley. J. Plant Pathol. 83(3): 173-180.

Tanaka, K. 1991. Contact stimuli in high density tomato seedling production. (In Japanese). Agr. and Hort. 66(9): 1057-1060. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64: 1161).

Taylor, A. G. 1997. Seed storage, germination and quality, pp. 1-36. In: H. C. Wien (ed.). The physiology of vegetable crops. CAB International, Wallingford, UK.

Teasdale, J. R. and A. A. Abdul-Baki. 1995. Soil temperature and tomato growth associated with black polyethylene and hairy vetch mulches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5): 848-853.

Teasdale, J. R. and A. A. Abdul-Baki. 1997. Growth analysis of tomatoes in black polyethelene and hairy vetch production systems. HortScience 32(4): 659-663.

Terrell, E. E. and H. F. Winters. 1974. Changes in scientific names for certain crop plants. HortScience 9: 324-325.

Thomas, T. H., A. Barnes, and C. C. Hole. 1982. Modification of plant part relationships in vegetable crops, pp. 297-311. In: J. S. McLaren (ed.). Chemical manipulation of crop growth and development. Buttereorth Scientific, London.

Thompson, J. F. 2004. Pre-cooling and storeage facilities. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Thompson, H. C. and W. C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc. N. Y. 611p.

Thomson, W. T. 1983. Agricultural chemicals. Book III. Fumigants, growth regulators, repellents, and rodenticides. Thomson Pub., Fresno, California. 183 p.

Thorne, G. N. 1960. Variations with age in net assimilation rate and other growth attributes for suger beet, potato, and barley in a controlled environment. Ann. Bot., N. S. 24: 356-371.

Thorup-Kristensen, K. 2002. Utilising differences in rooting depth to design vegetable crop rotations with high nitrogen use efficiency (NUE). Acta Hort. No. 571: 249-254.

Tomassoli, L., A. Cupidi, and M. Barba. 1993. Defence of courgette from viral infections: use of "non-fabric" material. (In Italian). Informatore Agrario 49(43): 53-56. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74: 3604).

Triki, M. A., S. Priou, and M. El Mahjoub. 2001. Effects of soil solarization on soil-borne populations of *Pythium aphanidermatum* and *Fusarium solani* and on the potato crop in Tunisia. Potato Res. 44: 271-279.

Triplett, G. B., Jr. and W. A. Dick. 2008. No-tillage crop production: a

revolution in agriculture. Agron. J. 100: 153-165.

Tsaballa, A. et al. 2013. Molecular studies of inheritable grafting induced changes in pepper (*Capsicum annuum*) fruit shape. Sci. Hort. 149: 2-8.

Tu, J. C. and B. R. Buttery. 1988. Soil compaction reduces modulation, module efficiency, and growth of soybean and white bean. HortScience 23: 722-724.

Tukey, H. B. (ed.). 1954. Plant regulators in agriculture. John Wiley, N. Y. 269 p.

University of California, Division of Agricultural Sciences. 1978. Plant Growth regulators: Study guide for agricultural pest control advisors. Priced Publication 4047. 58 p.

University of Connecticut. 2005. The use of different colored mulches for yield and earliness. IPM. The Internet.

University of Connecticut. 2007. Contribution of cover crop mulches to weed management. The Internet.

University of Delaware. 1997. Blossom-end rot in vegetables. College of Agriculture & Natural Resources. Cooperative extension. The Internet.

U. S. Department of Agriculture. 1961. Seeds. U.S. Dept. Agric. Yearbook of Agriculture. Washington, D. C. 591 p.

U. S. Department of Agriculture. 1977. Gardening for food and fun. U. S. Dept. Agric. Yearbook. Washington, D. C. 392 p.

Van Iersel, M. 1997. Tactile conditioning increases water use by tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(2): 285-289.

Van der Zaag, D. E. 1991. The potato crop in Saudi Arabia. Saudi Potato Development Progranne, Ministry of Agriculture and Water, Riyadh. 205 p.

Van de Vooren, J., G. W. H. Welles, and G. Hayman. 1986. Glasshouse crop production. In: J. G. Atherton, and J. Rudich (eds). "The Tomato Crop"; pp. 581-623. Chapman and Hall, London.

Vavrina, C. S. 2002. An introduction to the production of containerized vegetable transplants. Document HS849, Hort. Sci. Dept., UF//IFAS, Fla. Coop. Ext. Serv. 17 p. The Internet.

Vavrina, C. 2008. Deeper Planting, a technique from days gone by is getting a fresh look in Florida and proving its worth. Tomato Transplanting Researches New Depths. Southwest Florida Research & Education Center. The Internet.

Vavrina, C. 2008. Is bigger better? Southwest Florid Research & Education Center. The Internet.

Vavrina, C. S., K. D. Shuler, and P. R. Gilreath. 1994. Evaluating the impact of transplanting depth on bell pepper growth and yield. HortScience 29(10): 1133-1135.

Vince-Prue, D. 1975. Photoperiodism in plants. McGraw-Hill Book Co., London. 444 p.

Walker, J. C. 1969. Plant pathology. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 819 p.

Wallace, G. P. and D. J. Fieldhouse. 1982. Energence of pregerminated tomato seed stored in gels up to twenty days at low temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 722-725.

Wallace, D. H., J. L. Ozbun, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Adv. Agron. 24: 97-146.

Wang, C. Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. HortScience 29(9): 986-988.

Ware, G. W. and J. P. McColloum. 1983 (3rd ed.). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607 p.

Warid, W. A. 1995. Vegetable species known to the ancient Egyptians. Acta Hort. 391: 283-290.

Warnock, S. J. 1973. Tomato development in California in relation to heat unit accumulation. HortScience 8: 487-488.

Warnock, S. J. and R. L. Issacs. 1969. A linear heat unit system for tomatoes in California. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 677-678.

Warncke. D. D., D. R. Christenson, L. W. Jacobs, M. L. Vitosh, and B. H. Zandstra. 1992. Fertilizer recommendations for vegetable crop in Michigan. Michigan State Universiy, Coop. Ext. Ser., Ext. Bull. E550B. 28 p. The Internet.

Waskom, R. M., T. A. Bauder, J. G. Davis, and G. E. Cardon. 2006. Diagnosing saline and sodic soil problems. Colorado State University Extension – Agriculture. 3 p.

Watada, A. E., R. C. Herner, A. A. Kader, R. J. Romani, and G. L. Staby. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. HortScience 19: 20-21.

Waterer, D. R. 1992. Influence of planting date and row covers on yield and crop values for bell peppers in Saskatchewan. Canad. J. Plant Sci. 72(2): 257-253. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 5899).

Waterer, D. R. and R. R. Coltman. 1988. Phosphorus concentration and application interval influence growth and mycorrhizal infection of tomato and onion transplants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(5): 704-708.

Weaver, R. J. 1972. Plant growth substances in agriculture. S. Chand & Co. Ltd. New Delhi. 594 p.

Webster, T. M. et al. 2011. Methyl bromide alternatives in a bell pepper-squash rotation. Crop Prot. 20(7): 605-614.

Welbaum, G. E. 1993. Effects of three hotcap designs on temperature and tomato transplant development. HortScience 28: 878-881.

Welbaum, G. 2008. Horticulture 4764: vegetable crops. Virginia Tech. The Internet.

Welbaum, G. E., Z. X. Shen, M. O. Oluoch, and L. W. Jett. 1978. The evolution and effects of priming vegetable seeds. Seed Technol. 20(2): 209-235.

Welch, H. J. 1970. Mist propagation and automatic watering. Faber and Faber, London. 162 p.

Wells, O. S. and J. B. Loy. 1985. Intensive vegetable production with row covers. HortScience 20: 822-825.

Wen, F. Y., D. L. Sunn, P. H. Ju. Y. M. Su, and Z. X. An. 1991. The effects of NAA on calcium absorption and translocation and the prevention of tipburn in Chinese cabbage (In Chinese with English summary). Acta Horticulturae Sinica 18(2): 148-152. c. a. Hort. Abstr. 64(6): Abstr. 4479, 1994.

Weng, Z. X., B. D. Li, and D. X. Feng. 1993. Study on enhancement of cucumber resistance and yield by grafting on *Cucurbita ficifolia* (In Chinese). Chinese Vegetables No. 3: 11-15. (c. a. Rev. Plant Pathol. 74: 1575; 1995).

Weston, L. A. 1988. Effect of flat cell size, transplant age, and production site on growth and yield of pepper transplants. HortScience 23: 709-711.

Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1986. Effect of root container and location of production on growth and yield of tomato transplants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 498-501.

Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. HortScience 24: 88-90.

White, R. R. 1987 (3rd ed.). Principles and practices of soil science. Blackwell Science Ltd, London, UK. 348 p.

Wien, H. C., P. L. Minotti, and V. P. Grubinger. 1993. Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(2): 207-211.

Wills, R. H. H., T. H. Lee, D. Graham, W. B. McGlasson, and E. G. Hall. 1981. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. The Avi Pub. Co., Inc, Westpot, Conn. 163 p.

Wilsie, C. P. 1962. Crop adaptation and distribution. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 448 p.

Winter, E. J. 1974. Water, soil and the plant. The English Language Book Soc., London. 141 p.

Wittwer, S. H. 1968. Chemical regulation in horticulture. HortScience 3: 163-167.

Wittwer, S. H. 1969. Regulation of phosphorus nutrition of horticultural crops. HortScience 4: 320-322.

Wittwer, S. H. 1983. Rising atmospheric CO_2 and crop productivity. HortScience 18: 667-673.

Wittwer, S. H. 1983. Vegetables. In: L. G. Nickell (ed.). "Plant Growth Regulating Chemicals". Vol. II."; pp. 213-231. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida.

Wolfe, D. W., D. T. Topoleski, N. A. Gundersheim, and B. A. Ingall. 1995. Growth and yield sensitivity of four vegetable crops to soil compaction. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6): 956-963.

Wurr, D. C. E. and J. R. Fellows. 1986. The influence of transplant age and raising conditions on the growth of crisp lettuce plants raised in techniculture plugs. J. Hort. Sci. 61: 81-87.

Wurr, D. C. E., J. R. Fellows, and K. Phelps. 2008. Crop scheduling and prediction – principles and opportunities with field vegetables. Adv. Agron. 76: 201-234.

Wyman, J. A., N. C. Tocaro, K. Kido, H. Johnson, and K. S. Mayberry. 1979. Effects of mulching on the spread of aphid-transmitted watermelon mosaic virus to summer squash. J. Econ. Entomol. 72: 139-143.

Xu, H. L., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1994. Photsynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. J. Hort. Sci. 69(5): 821-832.

Yanaguchi, M. 1983. World vegetables: Principles, production and nutritive values. Avi. Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 415 p.

Yamazaki, H., T. Nishijim, and M. Koshioka. 1995. Effects of (+)-S-abscisic acid on the quality of stored cucumber and tomato seedlings. HortScience 30(1): 80-82.

Yan, W. and D. H. Wallace. 1995. A physiological–genetic model of photoperiod–temperature interactions in photoperiodism, vernalization and male sterility of plants. Hort. Rev. 17: 73-123.

Yang, A. and Z. Y. Shen. 1992. The effect of low temperature acclimation on cold tolerance in cumber seedlings. (In Chinese with English summary). Acta Hort. Sinica 19(1): 61-66. c. a. Hort. Abstr. 1994, 64(9): Abstr. 7036.

Yasinok, A. E., F. I. Sahin, F. Eyidogan, M. Kuru, and M. Haberal. 2009. Grafting tomato plant on tobacco plant and its effect on tomato plant yield and nicotine content. J. Sci. Food Agr. 89(7): 1122-1128.

Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1989. Selection for physiological characters – examples from breeding for salt tolerance. In: H. G. Jones, T. J.

Flowers, and M. B. Jones (eds) "Plants Under Stress"; pp. 217-234. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Zamir, D., Y. Zakay, M. Zeidan, and H. Czosnek. 1991. Combating the tomato yellow leaf curl virus in Israel: the agrotechnical and the genetics approaches. In: H. Laterot and C. Trousse (eds) "Resistance of the Tomato to TYLCV"; pp. 9-13. INRA, Montfavet, France.

Zhang, Y. S., P. Talalay, C. G. Cho, and G. H. Posner. 1992. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 89(6): 2399-2403. c, a, Hort. Abstr. 1994, 64(2): Abstr. 1073.

Zhao, X., Y. Guo, D. J. Huber, and J. Lee. 2011. Grafting effects on postharvest ripening and quality of 1-methylcyclopropene-treated muskmelon fruit. Sci. Hort. 130: 581-587.

Ziino, M., C. Condurso, V. Romeo, G. Tripodi, and A. Verzera. 2009. Volatile compounds and capsaicinoid content of fresh hot peppers (*Capsicum annuum* L.) of different Calabrian varieties. J. Sci. Food Technol. 89(5): 774-780.



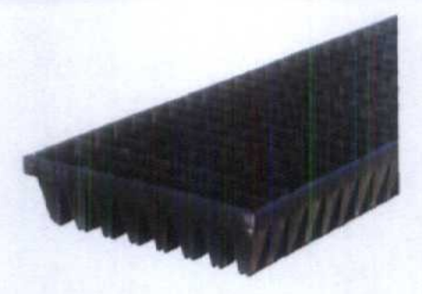
شكل (١-١) حديقة الخضر المنزلية.



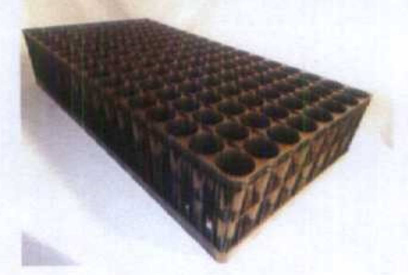
شكل (١-٢): الأصناف المتوارثة **heirloom** من الطماطم .



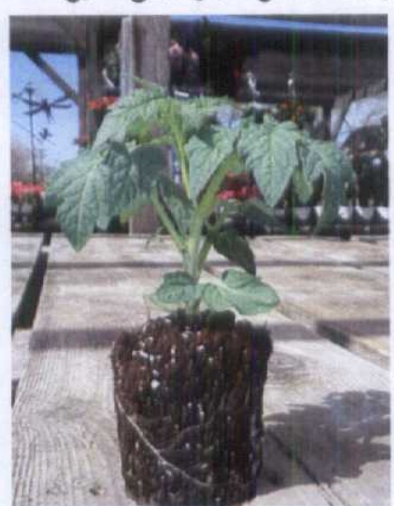
شكل (١-٣): تابع الأصناف المتوارثة من الطماطم .



شكل (٧-١): صوانى الإنتاج السريع للشتلات speedling trays.



شكل (٧-٢): تابع صوانى الإنتاج السريع للشتلات.



شكل (٧-٣): شتلة محتفظة بجذورها كاملة فى "صلية" بعد نزعها من الصنية.



شكل (٧-٤): أصص بيت مفردة.



شكل (٧-٥): أصص بيت في مجموعات متصلة.



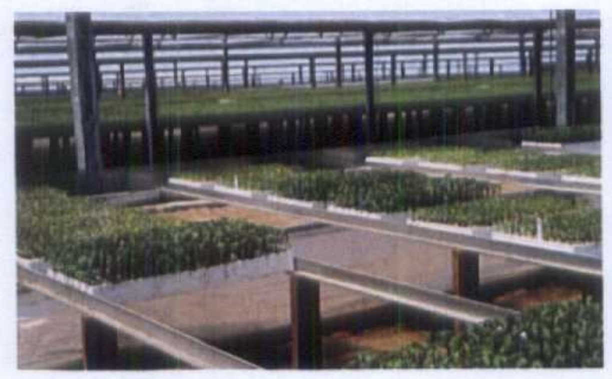
شكل (٧-٧): أقراص جفي Jiffy pots.



شكل (٧-٨): البرليت perlite المستخدم فى بيئات الزراعة.



شكل (٧-٩): البيوميس (الحجر البركانى) pumice المستخدم فى بيئات الزراعة.



شكل (٨-٣): الإنتاج التجارى للشتلات فى الصوبات.



شكل (٨–٤): شتلة طماطم مثالية.



شكل (٩–٥): التطعيم بالشق (أو بالوتد).



شكل (٩–٦): طريقة الأنبوبة tube (أو الكُمّ sleeve) لتطعيم الخضر (AVRDC ١٩٩٩).



شكل (٩-٩): التطعيم اللسانى باللصق.



شكل (١٠-١): عملية تعقيم التربة بالتبخير والتغطية بالبلاستيك.



شكل (١١-١): تعقيم التربة بالتشميس فوق مصاطب الزراعة.



شكل (١١-٢): تعقيم التربة بالتشميس بتغطية كل سطح التربة بالبلاستيك.



شكل (١٣-٢): استخدام الرغوة فى الحماية من الصقيع.



شكل (١٣-٥): فرد الغطاء البلاستيكى آليًا فوق الأقواس.



شكل (١٣-٦): شد البلاستيك على الأقواس بالخيوط على شكل حلزوني.



شكل (١٣-٧): تهوية الأنفاق بالفتحات الدائرية قرب قاعدتها، فضلاً عن وجود ثقوب صغيرة بالبلاستيك ذاته.



شكل (١٣-٨): الاستفادة من الغطاء البلاستيكي للأنفاق كمصدٍ للرياح بتعليقه على الأقواس السلكية بعد إدارتها ٩٠° ليصبح في اتجاه الزراعة.



شكل (١٣-١٠): الأغطية الطافية وهى مفرودة على النباتات مباشرة.



شكل (١٣-١١): الأغطية الطافية وهى مثبتة على أقواس سلكية



شكل (١٥-١): تثبيت الغطاء البلاستيكى آليًا.



شكل (١٥-٢): تثقيب الغطاء البلاستيكى للتربة لأجل زراعة البذور أو الشتل من خلال الثقوب.



شكل (١٥-٤): ألوان مختلفة للأغطية البلاستيكية للتربة كما تبدو فى إحدى الدراسات.



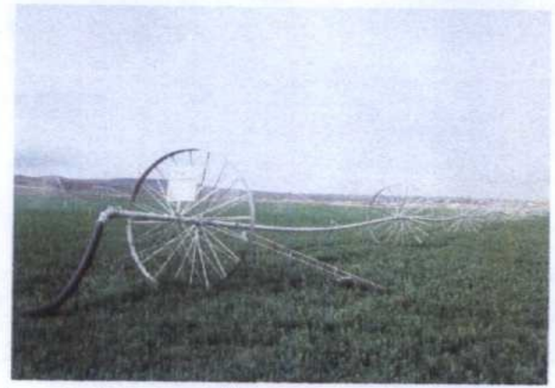
شكل (١٥-٥): النمو النباتى فى ظل غياب تام لأى منافسة من الحشائش فى وجود الغطاء البلاستيكى للتربة.



شكل (١٥-٧): أغطية التربة من بقايا النباتات.



شكل (١٦-٩): الرى بالرشاشات الدوارة.



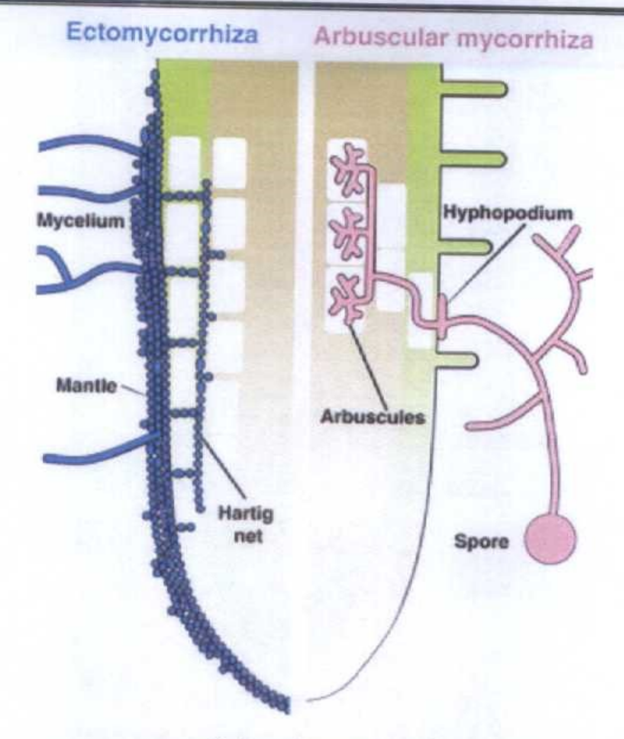
شكل (١٦-١١): الرى بالرش بنظام الأنابيب المتحركة على عجل.



شكل (١٦-١٢): الرى المحورى (نظام البيوفت) بالرش.



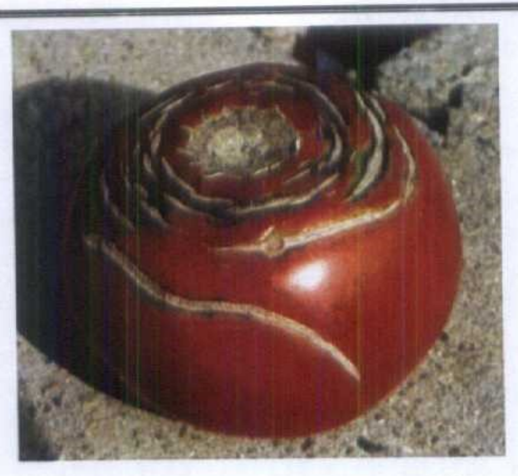
شكل (١٦-١٣): الرى بالرش بنظام المدفع.



شكل (١٩-٨): أنواع الميكوريزا.



شكل (٢٠-١): تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم .



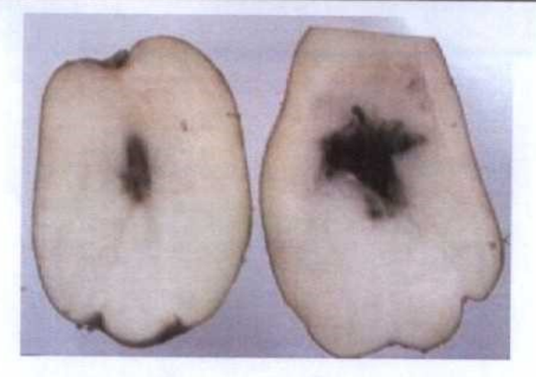
شكل (٢٠-٢أ): التشقق الدائرى بثمار الطماطم .



شكل (٢٠-٢ب): التشقق العمودى بثمار الطماطم .



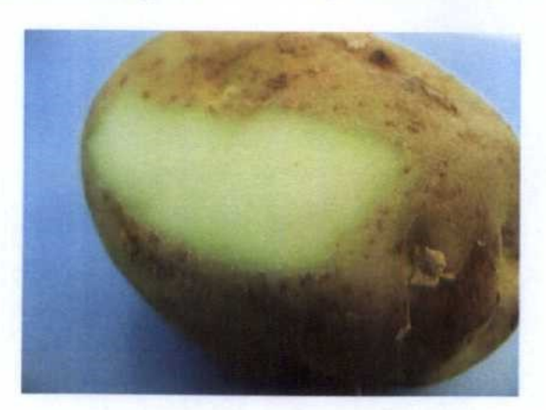
شكل (٢٠-٣): النضج المتطلخ بثمار الطماطم .



شكل (٢٠-٤): القلب الأسود فى درنات البطاطس.



شكل (٢٠-٥) القلب الأجوف فى درنات البطاطس (مع ظهور نمو ثانوى بالدرنة).



شكل (٢٠-٦): اخضرار درنات البطاطس.



شكل (٢٠-٧): تعفن الطرف الزهرى لثمار الفلفل.